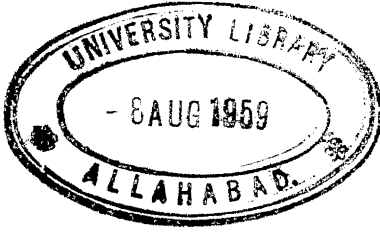
धातुओं की कहानी

लोकोदय विज्ञान-माला

धातुओं की कहानी

सभी प्रकार की धातुओं का सर्वजन सुलभ परिचय

धर्मेन्द्रकुमार काँकरिया

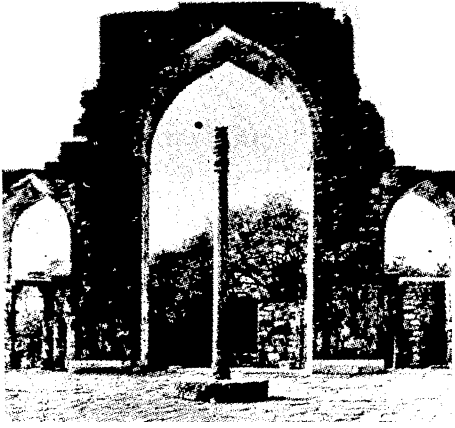
राजकमल प्रकाशन
दिल्ली बम्बई इलाहाबाद पटना मद्रास

युनेस्को के सहयोग से प्रकाशित
प्रथम संस्करण, दिसम्बर १९५८

मूल्य दो रुपये

राजकमल प्रकाशन प्राइवेट लिमिटेड, दिल्ली द्वारा प्रकाशित
एवं दि इलाहाबाद ब्लाक वर्क्स प्राइवेट लिमिटेड, इलाहाबाद में मुद्रित।

इस पुस्तक-माला का मूल उद्देश्य पाठकों को विज्ञान और वैज्ञानिक प्रगति के विभिन्न अंग-उपांगों की सरल और सुबोध शैली में जानकारी देना है। विज्ञान की विभिन्न शाखाओं पर अलग-अलग पुस्तकें प्रकाशित की जा रही हैं।

क्रम

दिल्ली में कुतुबमीनार के पास स्थित यह लोह स्तम्भ प्राचीन भारतीय धातुविज्ञों की निपुणता का गौरवमय प्रतीक है। यह लगभग पन्द्रह शतियों पूर्व निर्मित हुआ था। इसका वजन लगभग पौने दो सौ मन है। इतने समय से धूप, वर्षा तथा अन्य नैसर्गिक विध्वंसकों के अनवरत आक्रमण से भी इस पर मोर्चा या धब्बा नहीं लगा है। यह एक धातुकीय आश्चर्य है।

१. सभ्यता और धातुएँ

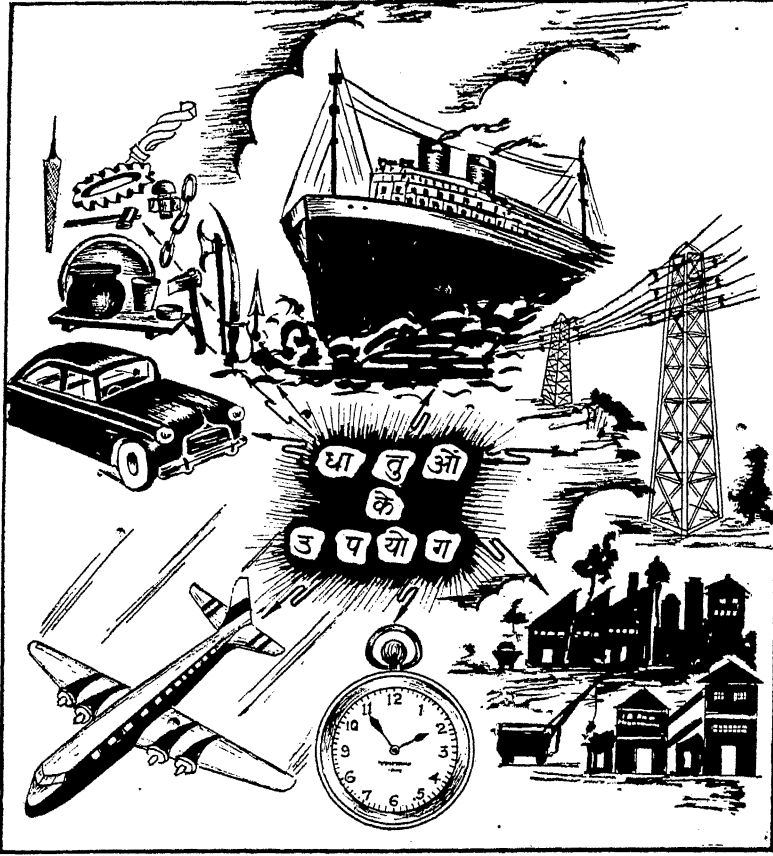
धातुओं का युग—आज हम ऐसे युग में रह रहे हैं जब कि विज्ञान की प्रगति ने लगभग सब कुछ सम्भव बना दिया है।

अणु-शक्ति के विकास से असीम शक्ति के स्रोत मिल गये हैं और कृत्रिम उपग्रहों के द्वारा मनुष्य मंगल और चन्द्रमा की यात्रा करने के स्वप्न देखने लगा है। इन सभी विकासों को देखकर हम चकित रह जाते हैं। जंगली अवस्था से उठकर आज हम अनेक प्रकार की नैसर्गिक शक्तियों को अपने नियंत्रण में पाते हैं। वायुयानों ने दुनिया को बहुत छोटा बना दिया है; कुछ ही घंटों में हम पृथ्वी के एक छोर से दूसरे छोर तक जा सकते हैं। रेडियो द्वारा हजारों मील दूर होने वाले संगीत और भाषण को लगभग उसी समय सुन सकते हैं। समाचार-पत्र

विश्व के कोने-कोने की खबर प्रतिदिन सबेरे हमारे घर पर ले आते हैं और पुस्तकों तथा पत्रिकाओं द्वारा सभी प्रकार के ज्ञान और विज्ञान की बातें हम सुविधापूर्वक मालूम कर सकते हैं। बड़ी-बड़ी नदियों को रोककर बिजली का उत्पादन किया जाता है, सिंचाई की जाती है और विशाल महासागरों में बड़े-बड़े जहाज निर्भयतापूर्वक रात-दिन आते-जाते रहते हैं। कुछ ही वर्षों पहले जिन बातों की केवल कल्पना की जाती थी वे आज संभव बन गई हैं।

यह सारी आश्चर्यजनक प्रगति अलग-अलग धातुओं और उनसे बने धातुमेलों के सही उपयोगों के कारण ही संभव हो सकी है। सभ्यता और वैज्ञानिक आविष्कारों की सारी बनावट धातुओं के ढाँचे पर खड़ी है। हमारे जीवन में धातुओं का इतना उपयोग होता है कि हम उनके बारे में विशेष रूप से कभी विचार नहीं करते। ध्यान देने पर विदित होगा कि हमारी सुख-सुविधा और प्रगति धातुओं के उपयोग पर ही निर्भर है।

सबेरे जल्दी उठने के लिए हम अलार्म घड़ी का उपयोग करते हैं जिसके लगभग सभी पुर्जे विभिन्न धातुओं के बने रहते हैं। इसके बाद बटन दबाते ही सारा कमरा प्रकाशित हो जाता है। इस समय भी विद्युत् ताम्र के तार से संचलित होकर लट्टू में लगे टंग्सटन तंतु को प्रकाशवान बनाती है। हम उठकर नल के पानी से मुँह-हाथ धोते हैं जो सीस या बीड़ की नलियों में बहकर आता है। हमारा नाश्ता और चाय धातु के बर्तनों में ही बनते हैं। हम समाचार-पत्र पढ़ते हैं जो सीस के धातुमेल के अक्षरों से छापा जाता है। प्रातःक्रियाओं से निवृत्त

हो जब हम बाहर निकलते हैं तब रेल से लेकर साइकिल तक आवागमन के साधनों का उपयोग करते हैं, जो विभिन्न धातुओं

के बने रहते हैं । वस्तु-विनिमय के माध्यम, मुद्राओं के रूप में धातुओं का ही उपयोग होता है । इस प्रकार हम देखते हैं कि दिन का आरम्भ होते ही हमारे लगभग सभी कार्यों और क्रियाओं में विभिन्न धातुओं का उपयोग होता है ।

यदि हम और व्यापक विचार करें तो आज के जीवन

के हर क्षेत्र में धातुओं का और उनसे बनाये गये पदार्थों का महत्व स्पष्ट हो जाता है। जीवन के हर व्यवसाय में हम इनकी प्रधानता देखते हैं। खाद्य वस्तुएँ उपजाने वाले हल और ट्रैक्टर, कपड़ा बनाने वाले चरखे, करघे से लेकर बड़े-बड़े कारखाने, यंत्र, आवागमन के सभी साधन, बर्तन, मकान और सभी प्रकार के सुखप्रसाधनों में धातुओं या उनसे बनाये गये पदार्थों का उपयोग होता है। आप किसी भी ओर दृष्टि डालें धातुओं और उनके विभिन्न धातुमेलों की प्रमुखता पाते हैं। निस्सन्देह ही हमारी सभ्यता और सुरक्षा धातुओं के बुद्धिमत्तापूर्ण उपयोगों पर ही आधारित है।

पाषाण-युग—धातुओं के युग के पहले, सभ्यता के आदि-काल में मनुष्य के स्वरूप की कल्पना करना कठिन है। वह पशुओं की तरह लगभग सभी प्रकार से असहाय था। पत्थर, अस्थियों और लकड़ी के शस्त्रों से शिकार करके अपने को जीवित और सुरक्षित रखना संभवतः उसके अस्तित्व का एक मात्र उद्देश्य था। इस अन्धकारमय युग को 'पाषाण युग' कहा जाता है। इस अवस्था में मनुष्य ने कितनी शताब्दियाँ बिताईं, यह कहना कठिन है। पृथ्वी के अनेक भागों में आज भी ऐसे आदिम समाज पाये जाते हैं जो संभवतः वर्तमान शताब्दी में भी 'पाषाण युग' में रह रहे हैं। अलग-अलग भूखंडों में सभ्यता का विकास समान गति से नहीं हुआ। कहीं पहले और कहीं बाद में आदिम मानव-समाज सभ्यता की ओर बढ़े। उन्होंने खेती करना सीखा, पशु पाले और अपनी बस्तियाँ बसाईं। सुरक्षा का प्रबन्ध किया तथा समाज को चलाने के लिए नियम बनाये। पाषाण युग में काम में लाये गये पत्थर के अस्त्र-शस्त्र

कई स्थानों पर पाये गये हैं जो संग्रहालयों में सुरक्षित हैं।

धातुओं से परिचय—धातुओं से मनुष्य का परिचय कब और कैसे हुआ, यह कहना कठिन है। संभवतः नीचे लिखे तीन प्रकारों से आदिम मनुष्य ने अचानक धातुओं का उपयोग करना सीखा :

(१) कुछ धातुएँ जैसे ताँबा और सोना निसर्ग में 'आदि धातु' के रूप में पायी जाती हैं। अपनी धातुकीय चमक और आभा के कारण हो सकता है कि इन धातुओं ने सबसे पहले आदिम मनुष्य का ध्यान आकृष्ट किया हो। पाषाण युग के बाद उपयोग में लाये गये जो विभिन्न औजार और शस्त्र मिले हैं वे ताम्र या उसके धातुमेलों के बने हैं।

(२) कभी-कभी आकाश से जो उल्का नीचे गिरते हैं वे इतने बड़े होते हैं कि वायुमंडल के घर्षण से पूर्णतः नहीं जल पाते और पृथ्वी पर आ गिरते हैं। इन उल्काओं का अधिकांश भाग लोहा और निकेल होता है। पृथ्वी के अनेक भागों में विशालकाय और भारी उल्का पाये गये हैं। ऐसे प्रमाण मिलते हैं कि इन उल्काओं के टुकड़ों को काटकर और पीटकर शस्त्र बनाये गये। अतः कुछ स्थानों में धातु-युग का प्रारम्भ संभवतः उल्काओं से प्राप्त धातुओं से हुआ।

(३) जंगली पशुओं और शीत से अपनी रक्षा के लिए आदिम मनुष्य अग्नि का उपयोग जानता था। कई धातुओं के खनिज, विशेषकर ताम्र के आक्साइड खनिज अग्नि के संपर्क में आने पर सरलता से लघ्वित हो जाते हैं। यह संभव है कि कहीं आग बुझने के बाद कुछ चमकदार धातु के डलों ने आदिम मनुष्यों का ध्यान खींच लिया हो।

ताम्र-युग—धातुओं से परिचय होने के बाद निश्चय ही पत्थर के शस्त्रों की तुलना में आदिम मनुष्य ने इन नये औजारों को अधिक उपयोगी और टिकाऊ पाया होगा। इस कारण अधिक मात्रा में धातु प्राप्त करने के प्रयत्नों के फल-स्वरूप धातु के नये गुणों का पता लगा, उनको पीटकर और गलाकर साँचों में ढालने की बात समझ में आयी। कहाँ और किस प्रकार की मिट्टी या चट्टानों से धातु निकलेगी और किन क्रियाओं द्वारा उसकी अधिकतम मात्रा प्राप्त हो सकती है, यह ज्ञान और अनुभव धीरे-धीरे एकत्रित होने लगे। इसे हम धातुकीय ज्ञान का प्रारम्भिक युग मान सकते हैं—जब मनुष्य ने पाषाण की तुलना में धातुओं को अधिक उपयोगी पाया और उन्हें प्राप्त करने के लिए प्रयत्न शुरू किये। ऐसा विश्वास किया जाता है कि मनुष्य का ताम्र या उसके धातुमेल काँसा से सबसे पहले परिचय हुआ होगा। इस प्रकार पाषाण युग के बाद सभ्यता ने 'ताम्र-युग' में प्रवेश किया। अनेक प्रकार के हथियार, दर्पण, बर्तन इत्यादि बनाने में ताम्र और काँसा उपयोग में लाये गये।

धातुओं-सम्बन्धी यह परिचय और अनुभव भौगोलिक रुकावटें नहीं हटा सका। भारत, चीन, मिस्र इत्यादि देशों में धातुओं का व्यवहार ईसा की कई शताब्दियों पूर्व से होने लगा था, परन्तु समीप के देश, विशेषतः अफ्रीका महाद्वीप के अन्य निवासी उनसे सर्वथा अनभिज्ञ रहे। जैसे-जैसे प्रयत्न बढ़ते गये, नयी-नयी धातुओं का पता लगता गया। स्वर्ण ने अपनी अनुपम चमक और आभा से मनुष्य का ध्यान आकृष्ट किया। आदिम पुरुष-समाज की स्वर्ण से विशेष आसक्ति

होना कठिन है, क्योंकि मृदुता और लचीलेपन के कारण यह औजार बनाने के बिल्कुल अनुपयुक्त था। संभवतः आदिम स्त्री-समाज ने उसकी आभा और चमक के कारश आभूषणों के लिए स्वर्ण का उपयोग किया हो। इस प्रकार धातुओं के दो वर्ग हो गये। ताम्र और उसके धातुमेल, जो औजार इत्यादि बनाने के काम में आये और स्वर्ण तथा संभवतः रजत भी, जिनका संग्रह उनकी आभा और चमक के कारण किया गया। धीरे-धीरे यह भी पता लगा कि पहले वर्ग की धातुएँ अधिक विपुल और दूसरे वर्ग की धातुएँ अपेक्षाकृत विरल हैं। इस ज्ञान के साथ स्वर्ण और रजत का ताम्र की तुलना में अधिक मूल्य हो गया और ये बहुमूल्य धातुएँ मानी जाने लगीं। कई प्रकार की वस्तुओं के आदान-प्रदान में बहुमूल्य धातुएँ विनिमय के माध्यम के रूप में दी जाने लगीं। मुद्राओं के रूप में भी उनका व्यवहार होने लगा।

लोह-युग—निसर्ग में एक प्रकार का चुम्बकीय खनिज पाया जाता है जिसे 'मेगनेटाइट' कहते हैं। हम आज जानते हैं कि यह लोह का अच्छा खनिज है। धातुओं की खोज में रत मनुष्य का चुम्बकीय मेगनेटाइट से परिचय हुआ। लोह धातु सबसे पहले कैसे प्राप्त हुई, आज हम इस विषय में केवल अनुमान ही लगा सकते हैं। उल्काओं से लोह की प्राप्ति और अन्य धातुओं की तुलना में उसके श्रेष्ठ गुणों के कारण उसे स्वर्गिक धातु माना गया और बहुत उपयोगी होने के कारण देवों की तरफ से विशेष वरदान समझा गया। उस समय निश्चित ही लोह का मूल्य स्वर्ण से कहीं अधिक रहा होगा। लोह के चुम्बकीय या अन्य खनिज कार्बन के सम्पर्क में उच्च तापमान

पर लघ्वित हो जाते हैं। हो सकता है कि कहीं प्रचंड आग बुझने पर लोह के कुछ डले मिले हों। यह लोह-उत्पादन का पहला मौका था और अत्यन्त महत्वपूर्ण खोज थी। अन्य अनेकों खनिजों का पता लगा और नयी धातुएँ ढूँढ़ निकाली गयीं। इनमें वंग, सीस और पारद उल्लेखनीय हैं। इन सब धातुओं के आक्साइड खनिज सरलता से लघ्वित हो जाते हैं। सभी धातुओं की तुलना में लोह के विशिष्ट और श्रेष्ठ गुणों ने उसे सर्वाधिक लोकप्रिय और उपयोगी बना दिया। अधिक शक्ति, कठोरता, चुम्बकत्व और निसर्ग में अपने खनिजों की विपुलता के कारण लोह सभ्यता की प्रधान धातु बन गया। ताम्र-युग के बाद 'लोह-युग' का प्रादुर्भाव हुआ। अब सभ्यता अधिक शक्तिशाली आधार पर खड़ी थी।

सुखनिज और धातुमेलों से परिचय—इस प्रगति की गति बहुत धीमी रही और यह सब खोज और अनुभव एकत्रित करने में मनुष्य को अनेकों शताब्दियाँ लगीं। अनुभव और तथ्यों के आधार पर सिद्धान्त बनाये गये, जिससे धातुकीय कला और विज्ञान आगे बढ़ा और एकत्रित ज्ञान आगे आनेवाली पीढ़ियों के लिए उपयोगी हुआ। भिन्न-भिन्न धातुओं से परिचय के साथ मनुष्य ने यह भी सीखा कि कुछ खनिजों से दूसरों की तुलना में अधिक सरलता से या अधिक मात्रा में धातुओं की प्राप्ति होती है। इन खनिजों को उन धातुओं का 'ओर' या 'सुखनिज' कहा गया। साथ ही शुद्ध और अशुद्ध धातुओं से बने धातुमेल के गुणों की तुलना और विवेचना करने पर यह पाया गया कि शुद्ध धातुओं की तुलना में दो या अधिक धातुओं से बने धातुमेल अधिक शक्तिशाली और कठोर होते हैं। ताम्र की तुलना में ताम्र

ग्रौर वंग का धातुमेल काँसा अनेक कार्यों के लिए अधिक उपयोगी सिद्ध हुआ। ये दो बातें धातुकीय विकास के महत्वपूर्ण सोपान हैं। आज भी विविध धातुकीय क्रियाएँ इन्हीं तथ्यों पर आधारित हैं।

धातुओं की संख्या बढ़ी, उन्हें गलानेवाली भट्टियों का आकार बढ़ा, उनका उत्पादन अधिक हुआ और इसके साथ ही विभिन्न खनिज, उनके प्रकार और जमाव, उनसे धातुविजय करने के सिद्धान्त विकसित हुए। सभ्यता की प्रगति की गति धीरे-धीरे बढ़ती जा रही थी; नये-नये तथ्य प्रकाश में आ रहे थे। बाकी यह सब धातुओं और उनके धातुमेलों से बनाये गये औजारों और अन्य उपकरणों के कारण संभव हो सका था। अब मनुष्य अधिक शक्तिशाली हो गया था। शिकार करने के अतिरिक्त उसने आवागमन के साधन बना लिये थे, छोटी-मोटी नदियों को पुल बनाकर पार करने लगा था। जंगलों को काट-कर खेती करने लगा था और गुफाओं के स्थान पर छोटी-छोटी बस्तियाँ बनाकर मकानों में रहने लगा था। यह लोह-युग की प्रारम्भिक कहानी है।

लोह से परिचय सभ्यता का अत्यन्त महत्त्वपूर्ण मोड़ है। पहले-पहल प्राप्त लोह अपेक्षाकृत कार्बन-रहित रहा होगा। उसे राख, धूल और मल से मुक्तकर आकार देने के लिए गरम करके पीटा जाता था और इसी रूप में उसका उपयोग किया जाता था। लोह को दहकते हुए कोयले के साथ गरम करने पर कुछ कार्बन उसमें प्रवेश कर लेती है और इस प्रकार लोह और कार्बन के मेल से इस्पात बन जाता है। यह सर्वाधिक आवश्यक और महत्वपूर्ण धातुमेल है। लोह

में इस प्रकार बढ़ी कार्बन की. मात्रा पहले बहुत अनियमित और अनिश्चित रही होगी। पर्याप्त कार्बन होने पर इस्पात से बनी तलवारें, छुरे और अन्य औजारों के गुण उन दिनों में बहुत आश्चर्यजनक और श्रेष्ठ माने गये होंगे। गरम इस्पात को पानी में बुझाने पर उसकी शक्ति और कठोरता में बहुत वृद्धि हो जाती है।

इस्पात के गुणों की जानकारी और तापोपचारित होकर शक्ति और कठोरता में परिवृद्धि का रहस्य पता लगने के बाद उसका उत्पादन बढ़ाने के प्रयत्न किये गये। यह ऐसा उपयोगी धातुमेल था जो सब प्रकार की चीजें बनाने के काम में लाया जा सकता था। सेनाओं के अस्त्र-शस्त्र बनाने में इस्पात का उपयोग बढ़ा और जो धातु एक समय स्वर्गिक मानी जाती थी वह मनुष्य-समाज के लिए सर्वाधिक उपयोगी सिद्ध हुई।

हम यह पहले कह चुके हैं कि स्वर्ण और रजत अपनी अनुपम आभा और सुन्दरता के कारण आभूषण इत्यादि बनाने के काम में लाये गये और बहुलता न होने के कारण धीरे-धीरे बहुमूल्य होते गये। अधिक माँग और कम मात्रा में उपलब्ध होने के कारण उन्हें हम दो वर्गों में रख सकते हैं। सभ्यता के विकास में इनका अत्यन्त महत्वपूर्ण योगदान है :

(१) सभी धातुओं के कुछ गुण एक दूसरे के समान होते हैं। इस कारण स्वाभाविक है कि ऐसा प्रयत्न किया जाये जिससे अधिक विपुल और कम मूल्य वाली धातुएँ, जैसे लोह विरल और बहुमूल्य धातु स्वर्ण में बदली जा सकें। इस दिशा में असंख्य अनवरत प्रयोग किये गये, पारस पत्थर की मान्यता

प्रचलित हुई और ज्ञान-विज्ञान के अनेक अन्धकारमय क्षेत्र प्रकाश में आये। इन प्रयत्नों की हम उस किसान की कहानी से तुलना कर सकते हैं जिसने अन्तिम समय सब लड़कों को अपने पास, बुलाकर यह बताया था कि उसकी सारी सम्पत्ति खेत में है। लड़कों ने सारा खेत खोद डाला पर कुछ भी हाथ न लगा। परन्तु अच्छी तरह खोदे गये खेत में चौगुनी फसल निकली।

पारस की खोज

ठीक इसी प्रकार लोह तो स्वर्ण में नहीं बदला जा सका, परन्तु इस शोध के फलस्वरूप विज्ञान की जो प्रगति हुई उसे देखकर हम आज चकित हैं। विज्ञान के विधिवत विकास के इस आधारभूत कारण का महत्व स्पष्ट है। इन सब शोधों के फलस्वरूप हमें जो वैज्ञानिक तथ्य और सत्य ज्ञात हुए, जो आविष्कार किये गये, इनका मूल्य स्वर्ण से कई गुना अधिक है।

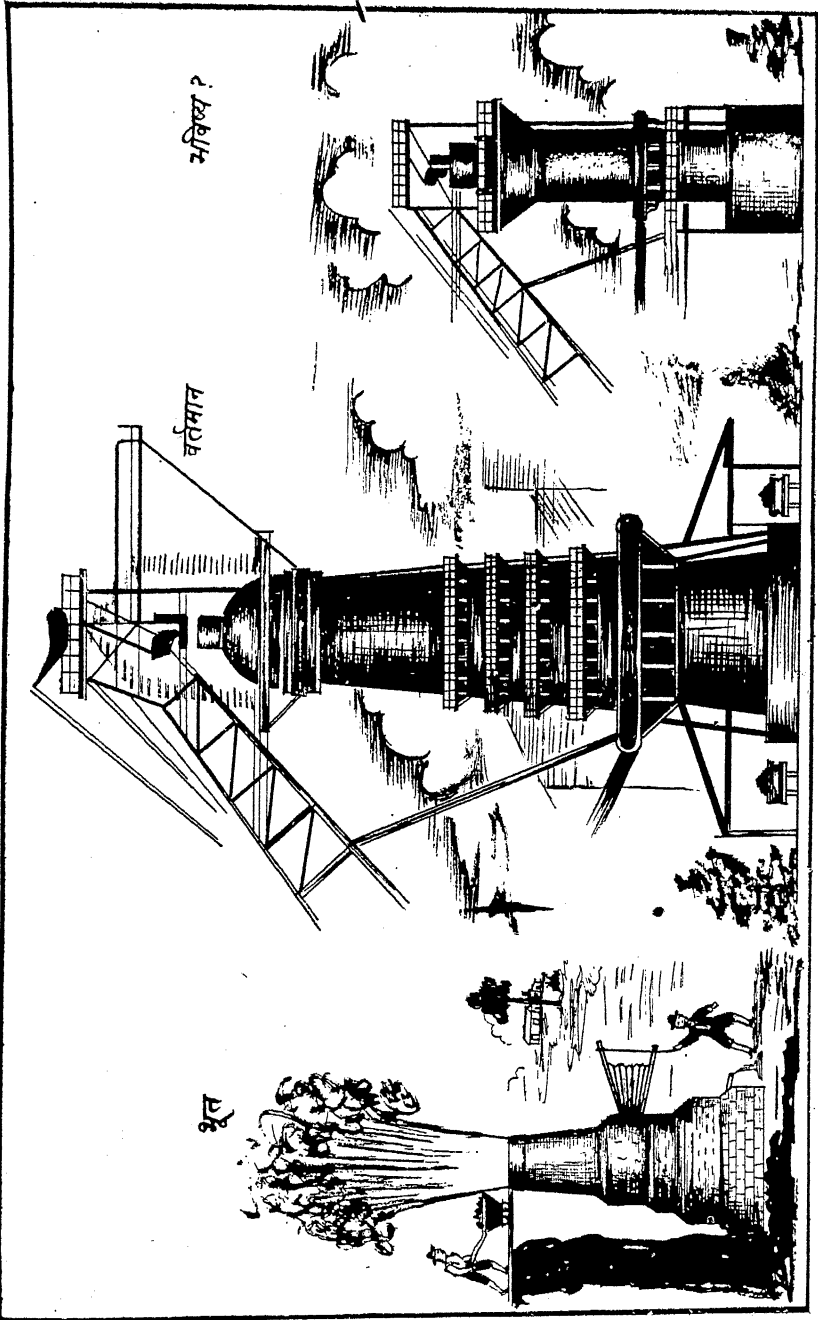
(२) एक स्थान में बहुमूल्य धातुएँ उपलब्ध न होने पर उनकी खोज में मनुष्यों ने दूसरे स्थानों, देश और भूखण्डों की यात्रा की। नये देशों और महाद्वीपों का पता लगाया, ज्ञान का

विस्तार और प्रचार हुआ और.भौगोलिक सीमाएँ टूट गयीं। इन सभी कारणों से सभ्यता के विकास को बहुत बल और प्रोत्साहन मिला। विज्ञान का इतिहास पढ़ने पर ये सब बातें स्पष्ट हो जाती हैं।

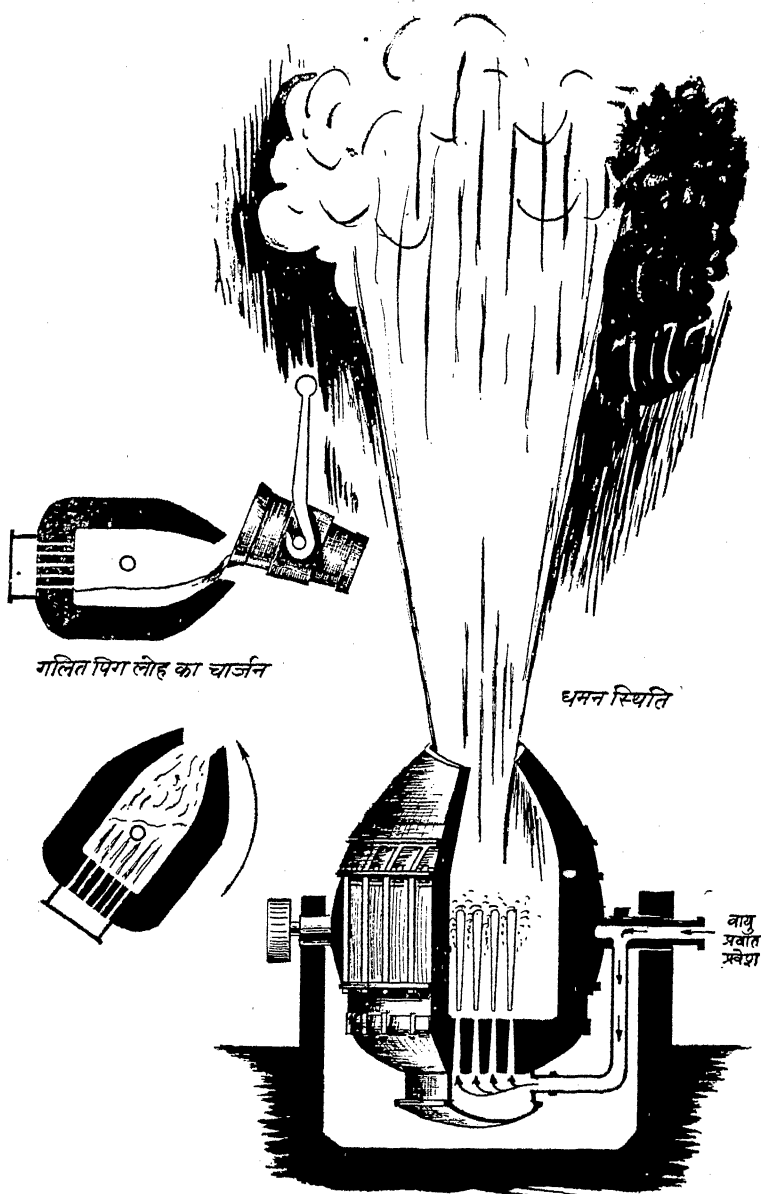
इस्पात का उत्पादन—इस्पात के गुण अन्य धातुओं और स्वयं लोह की तुलना में बहुत आश्चर्यजनक और श्रेष्ठ होते हैं। इस कारण केवल अटकलबाजी से इस्पात प्राप्त करने की जगह लोह के टुकड़ों को जलित कोयले के साथ निश्चित तापमान और अवधि तक गरम करके इस्पात बनाने की विधि का विकास हुआ। इसे 'सीमेण्टन विधि' कहते हैं। इस प्रकार कार्बनित लोह की कई गरम सलाखों को जिन्हें 'सीमेण्ट-इस्पात' कहते हैं एक साथ रखकर फोर्जित किया गया और इन टुकड़ों का अनेक प्रकार की वस्तुएँ बनाने में उपयोग किया गया। इस प्रकार कार्बन की मात्रा लगभग एक प्रतिशत तक पहुँच जाती थी। प्राचीन भारत अच्छे किस्म का लोह और इस्पात बनाने के लिए प्रसिद्ध था। यहाँ से निर्यात किये गये 'वुत्स इस्पात' से ग्रीस और यूनान की प्रसिद्ध तलवारें बनायी जाती थीं। दिल्ली में कुतुबमीनार के पास स्थित लोह-स्तंभ प्राचीन भारतीय धातुविज्ञों की निपुणता का गौरवमय प्रतीक है। सबसे आश्चर्य-जनक बात तो यह है कि इस लोह में मोर्चा नहीं लगता। दुर्भाग्यवश अनेक कारणों से भारत में इस कला का ह्रास हो गया।

अब तक जो लोह और इस्पात बनाया जाता था, वह उच्च तापमान न होने के कारण ठोस अवस्था में ही रहता था। उसकी रासायनिक बनावट असम और अशुद्ध रहती थी और

इस कारण अलग-अलग भागों के गुणों में भिन्नता रहती थी। सन् १७४० में एक अंग्रेज घड़ीसाज हण्टसमन ने कार्बनित सलाखों को घरिया में अत्यन्त उच्च तापमान तक गरमकर द्रव इस्पात का उत्पादन किया। द्रव होने से इस्पात का रासायनिक संघठन सम हो जाता है और अन्य प्रकार की अविलयित अशुद्धियाँ जैसे मल, राख इत्यादि कम घनत्व के कारण ऊपर आ जाती हैं। द्रव इस्पात को छोटे पाटों में ढाला गया और उन्हें पीटकर अनेक उपयोगी आकार और वस्तुओं का उत्पादन किया गया। विशेषरूप से घड़ियों की कमानी बनाने में यह इस्पात बहुत उपयोगी सिद्ध हुआ। इसके पहले हुई धातुकीय प्रगति के बारे में हम केवल अनुमान कर सकते हैं। अब धातुकीय विकास का क्रमबद्ध इतिहास प्रारम्भ होता है। घरिया इस्पात के गुण बहुत अच्छे होते हैं। वर्तमान समय में भी यह श्रेष्ठ इस्पात माना जाता है। यह अवश्य है कि अब घरियों को गरम करने के लिए कोयले के स्थान में विद्युत्शक्ति का उपयोग किया जाने लगा है। अन्य इस्पातों की तुलना में घरिया इस्पात की श्रेष्ठता के अनेक धातुकीय कारण हैं।

घरियों में द्रव इस्पात का उत्पादन एक महान धातुकीय सफलता थी। इसके पहले इतना उच्च तापमान पाना संभव नहीं हो सका था और इस कारण ठोस लोह को गरम कर पीटा जाता था और आकारित किया जाता था। इस प्रकार 'पिटवाँ लोह' प्राप्त होता था, जिसमें मल और राख मिश्रित रहते थे। पिटवाँ लोह की सलाखें ही सीमेण्टन विधि से इस्पात बनाने के काम में आती थीं। लोह और इस्पात को द्रवित करने के लिए उस समय तक उपयुक्त भट्टियाँ नहीं बन सकी थीं।

प्रवात फर्नेस का विकास

भट्टियों का आकार बढ़ने पर ऊपर से लोह सुखनिज, चूना और जलित कोयला चार्ज किये जाते थे और नीचे वायुनलों से प्रवात भेजा जाता था। इस प्रकार की भट्टी में लोह आक्साइड लघ्वित हो जाता था और दहकते कोयले के सम्पर्क के कारण लघ्वित लोह में लगभग चार प्रतिशत कार्बन और अशुद्धियाँ विलयित हो जाती थीं। इस कारण लोह का द्रवणांक १५३७° से० से घटकर लगभग १२५०° से० हो जाता था। यह अशुद्ध लोह भट्टी से द्रव रूप में प्राप्त होता था, जिसे रेत के छोटे-छोटे आकारों में ढाल लिया जाता था। यह ढलवाँ लोह या बीड़ का आरम्भ था। अठारहवीं शताब्दी के उत्तरार्ध तक पिटवाँ लोह, बीड़, सीमेंट इस्पात और घरिया इस्पात उपयोग में आने लगे थे। ईंधन के रूप में पहले जलित कोयला उपयोग में आता था। भट्टियों के आकार और धातुओं का उत्पादन बढ़ने के साथ वनों के विनाश की गति बहुत बढ़ गयी, तब बाध्य होकर जलित कोयले के स्थान में खनित कोयले और उससे प्राप्त कोक का उपयोग करना पड़ा।

मेगअल-युग—अब तक रसायन और भौतिकी के अनेक सिद्धान्त प्रकाश में आ चुके थे और विभिन्न धातुओं के बने उपकरणों और औजारों की सहायता से नये-नये आविष्कार हो रहे थे। औद्योगिक क्रान्ति का प्रारम्भ हो रहा था। अनेक नये तत्वों और धातुओं का अन्वेषण हो गया था। इनमें एल्यू-मिनियम, मेगनीसियम, जस्त और निकेल प्रमुख हैं। इन नयी धातुओं के मात्रा-उत्पादन के लिए भौतिकी और रसायन के सिद्धान्तों का ज्ञान धातुकीय क्रियाओं में उपयोगित किया गया। औद्योगिक विकास और नये आविष्कारों के कारण लोह और

बैसेमर परिवर्त्तक

इस्पात की माँग बहुत बढ़ गयी और इस्पात के मात्रा-उत्पादन की तीन क्रान्तिकारी विधियों का आविष्कार हुआ। इन्हें बैसेमर विधि, विवृत तन्दूर विधि और विद्युत् चाप विधि कहते हैं। आज भी इस्पात-उत्पादन की यही तीन प्रमुख विधियाँ हैं। इस्पात के अतिरिक्त एल्यूमिनियम और मेगनीसियम धातुओं का मात्रा उत्पादन करने के लिए उनके द्रवित लवणों का विद्युत्-विश्लेषण आविष्कृत हुआ। ये हल्की धातुएँ बहुत उपयोगी सिद्ध हो रही हैं। इन्हीं धातुओं पर से वर्तमान युग को 'मेगअल-युग' कहा जाता है। इन सब आविष्कारों और शोधों के परिणाम-स्वरूप सभी सम्भव धातुओं का पता चल चुका है और उनके गुणों को 'आवर्त सारणी' में क्रमबद्ध कर लिया गया है। अधिकांश धातुओं का मात्रा-उत्पादन सफलतापूर्वक हो रहा है और अन्य उपयोगी धातुओं, जैसे-टाइटेनियम, जिरकोनियम, बैरीलियम इत्यादि के मात्रा-उत्पादन के लिए अनवरत प्रयत्न किये जा रहे हैं। उपयोगी धातुमेलों की संख्या बहुत बढ़ गयी है और एक प्रकार के कार्य के लिए अनेक धातुमेल उपलब्ध हैं। इनमें से विशिष्ट सेवा के लिए उपयुक्त धातुमेल का चुनाव किया जा सकता है। सभ्यता की परिधि बहुत विस्तीर्ण हो गयी है। वर्तमान शताब्दी में जितनी मात्रा में अनेक प्रकार की धातुओं और धातुमेलों का उत्पादन और विकास हुआ है वह सभ्यता के आदिकाल से इस शताब्दी के पूर्व होनेवाले कुल उत्पादन से कई गुना अधिक है। यद्यपि यह सच है कि आज भी लोह और इस्पात प्रमुख और सर्वाधिक महत्वपूर्ण हैं, परन्तु अन्य धातुओं के बिना यह सर्वतोमुखी प्रगति सम्भव नहीं होती।

२. धातुएँ और धातुमेल

हमारे उपयोग में आनेवाली प्रमुख धातुओं को औद्योगिक धातुएँ कहते हैं। ये धातुएँ सर्वाधिक व्यवहार में आती हैं। इनमें लोह, ताम्र, सीस और वंग इन चार धातुओं से मनुष्य का परिचय काफी पुराना है। दूसरी धातुओं में निकेल, जस्त, एल्यूमिनियम और मेगनीसियम का ज्ञान और उपयोग अपेक्षाकृत नया है। गत दस वर्षों में टाइटेनियम के उत्पादन और धातुकीय ज्ञान में बहुत प्रगति हुई है। इसे पहले विरल धातु-वर्ग में रखा जाता था। अब यह महत्त्वपूर्ण औद्योगिक धातु बनने की क्षमता रखती है। इन धातुओं के अतिरिक्त व्यवहार में आनेवाली अन्य धातुओं को सहायक धातुएँ कहा जाता है। इस वर्ग में टंगस्टन, मालिबडेनम, मैंगनीज़, कोबाल्ट, क्रोमियम, वेनेडियम, पारद, एंटीमनी और केडमियम सम्मिलित हैं। स्वर्ण, रजत, प्लेटिनम तथा प्लेटिनम कुटुम्ब की धातुएँ अपनी आभा, समभारता और विरलपन के कारण बहुमूल्य धातुएँ हो गयी हैं। वे धातुएँ जिनसे हमारा परिचय बहुत ही नया है विरल या असामान्य धातुएँ कही जाती हैं। यूरेनियम, रेडियम, थोरियम, जरमेनियम, बैरीलियम इत्यादि धातुएँ इसी वर्ग में आती हैं।

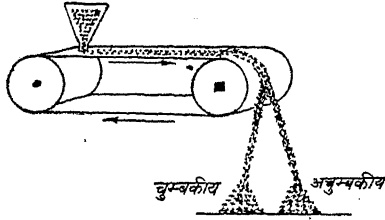
निसर्ग में वितरण—निसर्ग में कुछ धातुएँ 'आदि धातु' के रूप में पायी भी जाती हैं। इन्हीं धातुओं से मनुष्य का सर्वप्रथम परिचय हुआ। अन्य अधिकांश धातुएँ यौगिकों के रूप में मिलती

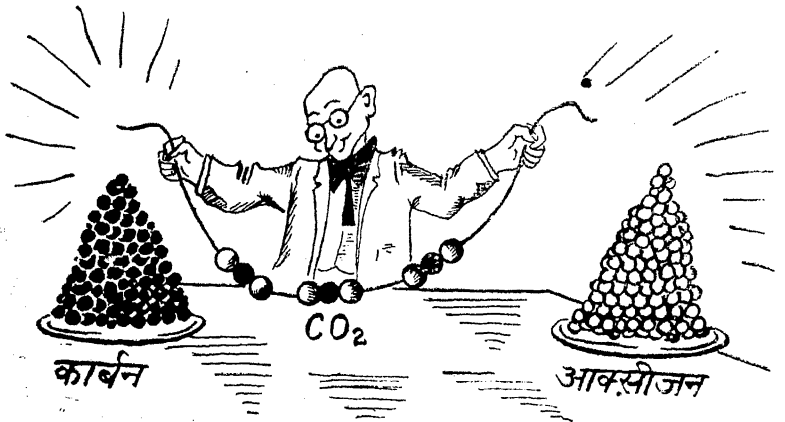
हैं। इनमें आक्साइड, सल्फाइड और कार्बोनेट यौगिक प्रमुख हैं। नीचे दी गयी सारणी में विभिन्न धातुओं के प्रधान यौगिक उल्लेखित हैं। धातुओं के यौगिक शुद्ध अवस्था में नहीं मिलते।

आदि धातु	आक्साइड	सल्फाइड	कार्बोनेट	सिलीकेट	क्लोराइड
स्वर्ण	लोह	ताम्र	लोह	निकेल	रजत
रजत	एल्यूमिनियम	सीस	जस्त	ताम्र	ताम्र
ताम्र	वंग	जस्त	ताम्र	जस्त	मेगनीशियम
प्लेटिनम	मैंगनीज	निकेल	मैंगनीज		
पारद	टंग्सटन	रजत	मेगनीसियम		
	ताम्र	एन्टीमनी	केलशियम		
	क्रोमियम	पारद			
	वेनेडियम	कोबाल्ट			

खनित अवस्था में इनके साथ मिट्टी, रेत और अन्य विजातीय पदार्थ मिश्रित रहते हैं। बहुधा एक से अधिक धातुओं के यौगिक साथ-साथ मिले पाये जाते हैं। निसर्ग में पाये जानेवाले इन यौगिकों को ख़निज कहा जाता है। वे खनिज जिनसे लाभपूर्वक धातु-विजय की जा सकती है, सुखनिज अथवा 'ओर' माने जाते हैं।

खनिज संकेन्द्रण—धातुकीय यौगिकों के साथ पाये जाने-वाले विजातीय पदार्थ और अशुद्धियों को 'गैंग' कहा जाता है। 'ओर' से लाभपूर्वक धातु-विजय करने के लिए यह आवश्यक हो जाता है कि यौगिक के साथ मिश्रित गैंग की अधिक-से-अधिक मात्रा अलग की जा सके। गैंग को अलग करने के लिए धातु-यौगिक और गैंग के भौतिक गुणों में अन्तर का उपयोग किया जाता है। जब यौगिक का रंग और चमक गैंग से बहुत भिन्न

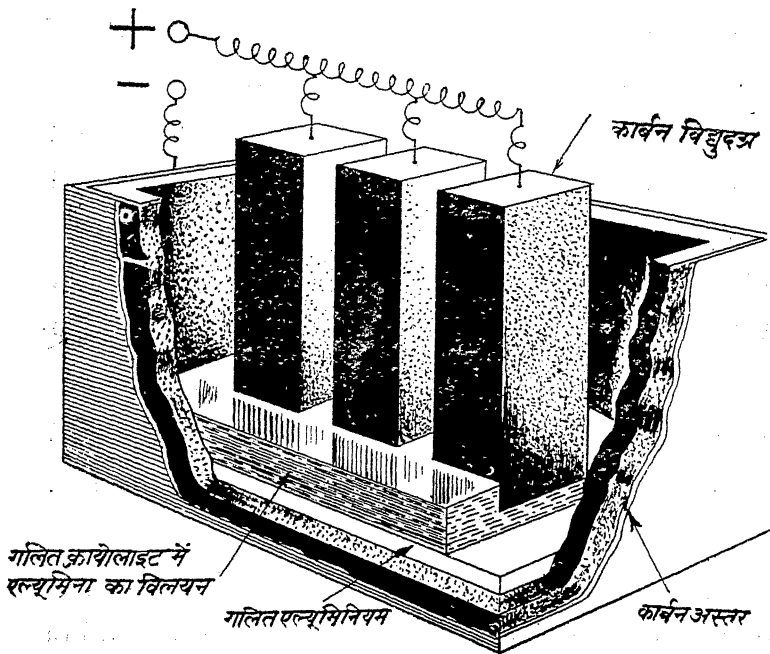
होते हैं, इन्हें तोड़कर हाथ से छटनी की जाती है। कुछ धातुकीय खनिज गैंग की तुलना में बहुत भारी अथवा चुम्बकीय होते हैं। इन गुणों का उपयोग कर अपेक्षाकृत शुद्ध 'ओर' प्राप्त की जाती है। इन सभी खनिज संस्करण विधियों में 'फेन उप्लावन विधि' विशेष उल्लेखनीय और महत्त्वपूर्ण है। कुछ विशेष तैलीय पदार्थों को जल में डालकर वायु की सहायता से फेन उड़ाया जाता है। कुछ खनिजों के कण तेल-आवरित हो जाते हैं और फेन के साथ ऊपर आ जाते हैं। शेष गैंग के कण जल द्वारा गीलित होकर नीचे बैठ जाते हैं। इस प्रकार उपयोगी खनिज और गैंग का विलगन होता है।

चुम्बकीय विलगन

प्रद्रावण—खनिज-संस्करण विधियों द्वारा अधिकांश गैंग

अलग कर धातुकीय यौगिकों को उपयुक्त भट्ठियों में प्रद्रावित

किया जाता है। प्रद्रावण के अनेक प्रकार होते हैं जो धातुकीय यौगिक और उसके साथ मिश्रित गैंग की प्रकृति पर अवलम्बित रहते हैं। आक्साइड यौगिकों का प्रद्रावण बहुधा कोयले के साथ किया जाता है। कार्बन की आक्सीजन से अधिक बन्धुता होने के कारण धातु आक्साइड लघ्वित हो जाती है और मुक्त धातु बहुधा द्रवित रूप में प्राप्त होती है। लोह, ताम्र, वंग और सीस के आक्साइड यौगिकों का प्रद्रावण इसी प्रकार होता है। अल्प मात्रा में बचे गैंग को गलाकर अलग करने के लिए कुछ पदार्थ 'ओर' और कोयले के साथ भट्टी में चार्ज किये जाते हैं। इन्हें 'फ्लक्स' कहा जाता है। रासायनिक दृष्टि से फ्लक्स के गुण गैंग के विपरीत होते हैं और इस कारण प्रक्रिया द्वारा शीघ्र गलनीय मल बन जाता है। सल्फाइड तथा अन्य यौगिकों की प्रद्रावण विधियाँ भिन्न होती हैं।

विद्युत्-विश्लेषण—कुछ धातुओं के यौगिक, जैसे एल्यूमिनियम आक्साइड कार्बन की सहायता से लघ्वित कर प्रद्रावित नहीं किये जा सकते, कारण कि इन धातुओं की कार्बन की अपेक्षा आक्सीजन से अधिक बन्धुता होती है। इन धातुओं का उत्पादन उनके लवणों का विद्युत्-विश्लेषण करके किया जाता है। गत १५० वर्षों में जो धातुएँ पहली बार अलग की गयी हैं, उनमें से अधिकांश का उत्पादन उनके गलित लवणों या लवणों के जलीय विलयन का विद्युत्-विश्लेषण करके किया गया है। मेगनीसियम के उत्पादन में द्रव मेगनीसियम क्लोराइड का और एल्यूमिनियम के उत्पादन में द्रव क्रायोलाइट में शुद्ध एल्यूमिनियम आक्साइड के विलयन का विद्युत्-विश्लेषण किया जाता है।

एल्यूमिनो तापीय प्रक्रिया—धातु-उत्पादन की इस तीसरी

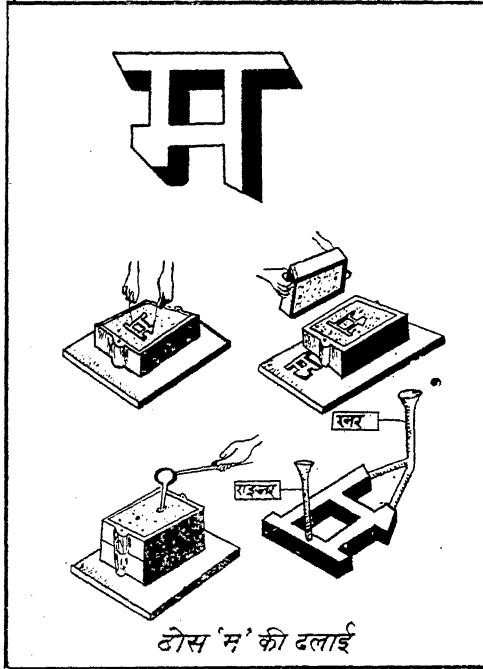
विधि का विकास और उपयोग आधुनिक समय में ही हुआ है। हम ऊपर कह चुके हैं कि एल्यूमिनियम की आक्सीजन से घनिष्ट

बन्धुता के कारण उसके आक्साइड को कार्बन द्वारा लघ्वित नहीं किया जा सकता। कई धातुओं का उत्पादन करने के लिए इस तथ्य का उपयोग किया जाता है। एल्यूमिनियम का चूर्ण धातु खनिज के साथ मिश्रित कर दिया जाता है और इस मिश्रण को प्रज्वलित कर दिया जाता है। एल्यूमिनियम दूसरे यौगिक से आक्सीजन छीन लेता है और धातु को मुक्त कर देता है। यह एक अत्यधिक तापद प्रक्रिया है और बहुधा मुक्त धातु द्रव अवस्था में प्राप्त होती है। इस प्रक्रिया द्वारा क्रोमियम, मैंगनीज, मालिबडेनम, वेनेडियम इत्यादि का उत्पादन किया जाता है।

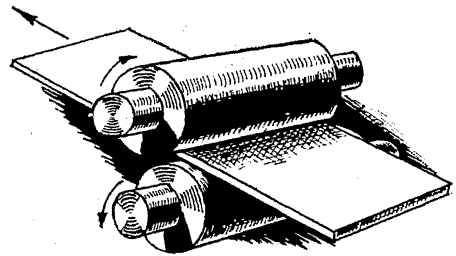
धातुओं का शोधन—खनिजों का तापीय प्रद्रावण करके

जो धातुएँ प्राप्त की जाती हैं वे बहुधा अशुद्ध होती हैं। उनके उपयोगों को ध्यान में रखकर उनका शोधन किया जाता है। विद्युत्-चालकता के लिए उपयोगित ताम्र में अशुद्धियों की अल्प, मात्रा भी बहुत हानिकारक होती है। इस कारण प्रद्रावण से प्राप्त ताम्र के जलीय विलयन का विद्युत्-विश्लेषण कर चालक-वर्ग का शुद्ध ताम्र प्राप्त किया जाता है। प्रवात भट्टी से प्राप्त अशुद्ध पिग लोह को इस्पात बनानेवाली भट्टियों में शोधित किया जाता है। विद्युत्-विश्लेषण-विधि से उत्पादित धातुएँ बहुधा शुद्ध रूप में ही प्राप्त होती हैं जिससे उनके और शोधन की आवश्यकता नहीं पड़ती।

धातुमेल—लगभग सभी शुद्ध धातुएँ नरम होती हैं। विद्युत्-चालकता और श्रेष्ठ संक्षय-रोधन के लिए शुद्ध धातुओं का व्यवहार किया जाता है। अन्य उपयोगों में जहाँ शक्ति, दृढ़ता और कठोरता की आवश्यकता पड़ती है दो, तीन या अधिक धातुओं या तत्वों से बने धातुमेलों का उपयोग किया जाता है। अधिकांश उपयोगों में धातुमेल ही उपयुक्त पाये जाते हैं। काँसा ताम्र और वंग का धातुमेल है उसका वर्णन हम पहले ही कर चुके हैं। सभ्यता की पहली शताब्दियों में ही काँसा व्यवहार में आने लगा था। अन्य धातुमेलों में पीतल, रसोई के बर्तन-वाला निष्कलंक इस्पात, यन्त्रन में प्रयुक्त द्रुत-गति इस्पात, वायु-यानों के गढ़न में उपयोगित डूरेलुमिन और टीन जोड़नेवाले टाँकों से हम सभी सुपरिचित हैं। लोह पर आधारित धातुमेल लौहिक और अन्य सभी धातुएँ और धातुमेल अलौहिक कहे जाते हैं।

तापोपचार—इस्पात और कुछ अन्य अलौहिक धातुमेल जैसे डूरेलुमिन के गुण उपयुक्त तापोपचार द्वारा बहुत परिवर्तित

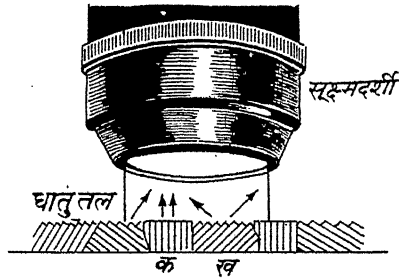
और परिष्कृत किये जा सकते हैं। उनकी शक्ति और कठोरता में आश्चर्यजनक वृद्धि हो जाती है। भिन्न तापोपचारों की सहायता से रासायनिक अभिन्नता रहते हुए अलग-अलग गुणों का विकास आधुनिक धातुविदों का महत्वपूर्ण कार्य है। इसी कारण अलग-अलग सेवाओं के लिए अनेक प्रकार के धातुकीय पदार्थ उपलब्ध हो सके हैं।

ठोस 'म' की ढलाई

धातुओं का आकारन—हमारे व्यवहार में जितने धातु-पदार्थ आते हैं उनके अलग-अलग आकार बनाने के लिए कई आकारन विधियों का उपयोग किया जाता है। कभी आकार द्रव धातु से ढलाई कर बनाये जाते हैं, अथवा गरम या ठण्डी धातुओं को

रोलिंग का सिद्धान्त

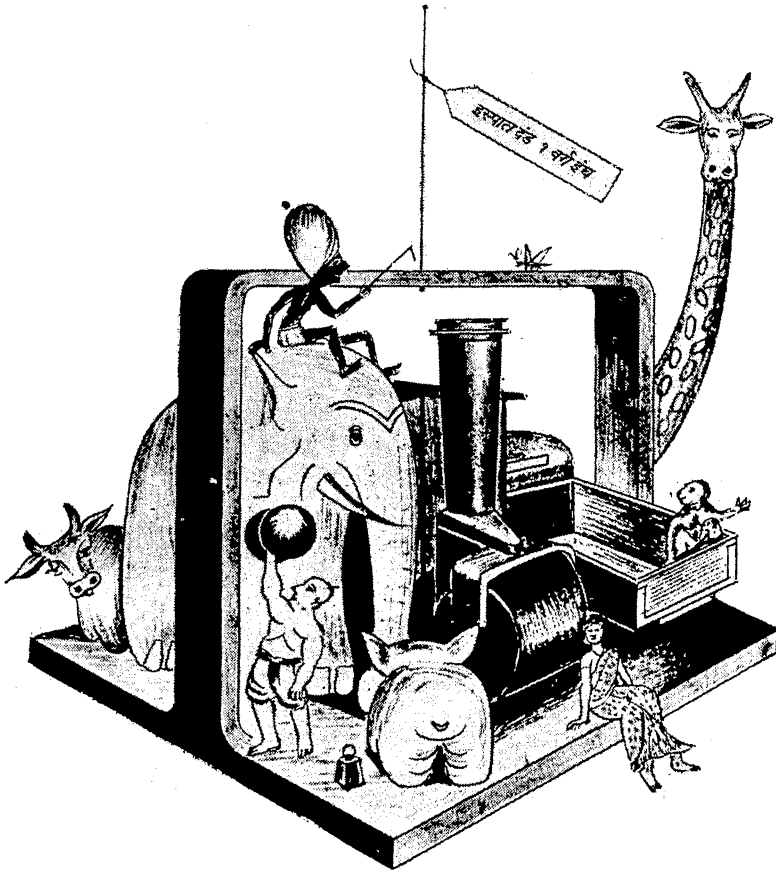
रोलित, फोर्जित अथवा दबाकर प्राप्त किये जाते हैं। अलग-अलग धातुओं को कच्चे अथवा पक्के टाँकों से जोड़कर अथवा वेल्डित कर बनाई गयी कई वस्तुओं का उपयोग हम प्रतिदिन करते हैं। कभी-कभी तो एक साधारण-सी वस्तु के उत्पादन करने में अनेक आकारन और तापोपचार विधियों का समावेश होता है। गृहिणी के दैनिक उपयोग में आनेवाली सुई से लेकर रेल, गर्डर, मोटरकार इन सबके उत्पादन में प्रयुक्त विभिन्न आकारन विधियों का विस्तृत ज्ञान आज इंजीनियरों के लिए आवश्यक हो गया है।

धातु-परीक्षण—अनेक प्रकार की धातुओं का उपयोग करते समय हमें यह स्मरण रखना चाहिए कि उपयोग में इन्हें अनेक प्रकार के कठिन तनावों का सामना करना पड़ता है और अपने गुण और आकार पूर्ववत् बनाये रखने पड़ते हैं। उपयोग काल में यदि कोई भाग विफल हो जाये, तो धन, जन की महान हानि हो सकती है। यदि आप कल्पना करें कि रेलगाड़ी का चाक अथवा पुल का कोई भाग भार पड़ते ही टूट जाये तो कितनी भयंकर दुर्घटना होगी। इस

धातु की परीक्षा

कारण उपयोग के लिए भेजने के पहले सभी धातुकीय अवयवों का रासायनिक, भौतिक तथा यान्त्रिक परीक्षण किया जाता है।

धातु के नमूनों का सूक्ष्मदर्शी द्वारा अध्ययन किया जाता है और विभिन्न यन्त्रों द्वारा धातु का तन्य-बल, दाब-बल, मोड़-बल, थकन बल इत्यादि निकाला जाता है। उपयोग-काल में भी बराबर यथोचित जाँच होती रहती है, जिससे किसी भी ख़राबी का समय पर ज्ञान हो जाये। इतनी कठिन परीक्षाओं के बाद धातुएँ उपयोग के लिए भेजी जाती हैं। तभी हम विश्वासपूर्वक आधुनिक सुख-साधनों का उपयोग करते हैं। धातुयुग को सफल और निर्भरशील बनाने में धातु-परीक्षण-विधियों का बहुत महत्व है।

३. औद्योगिक धातुएँ

लोह और इस्पात—दैनिक और औद्योगिक क्षेत्र में लोह और इस्पात के अनगिनत उपयोग होते हैं। आप कहीं भी दृष्टि

इस्पात की शक्ति

डालें, सदैव इनका प्राधान्य पायेंगे। इनके बिना गगनचुम्बी भवन, बड़े-बड़े पुल, जलयान, रेल, मोटर गाड़ियाँ, टैन्क, ट्रैक्टर, कल और कारखाने कुछ भी नहीं बन सकते थे। प्रत्येक विकास में सदैव इन्हें आप आधार-स्थान पर पायेंगे। सभी धातुओं के महत्व और उत्पादन को ध्यान में रखते हुए यदि एक पुस्तक लिखी जाये तो उसमें दो सौ पृष्ठ केवल लोह और इस्पात पर होंगे और शेष बीस पृष्ठों में अन्य सभी धातुओं का विवरण होगा। यही कारण है कि लोह और इस्पात का वार्षिक विश्व-उत्पादन, जो सन् १८५० में केवल ६० हजार टन था, आज बढ़कर १५ करोड़ टन से भी अधिक हो गया है। विश्व के राष्ट्रों की समृद्धि और उन्नति का मानक वहाँ का लोह और इस्पात-उद्योग माना जाता है।

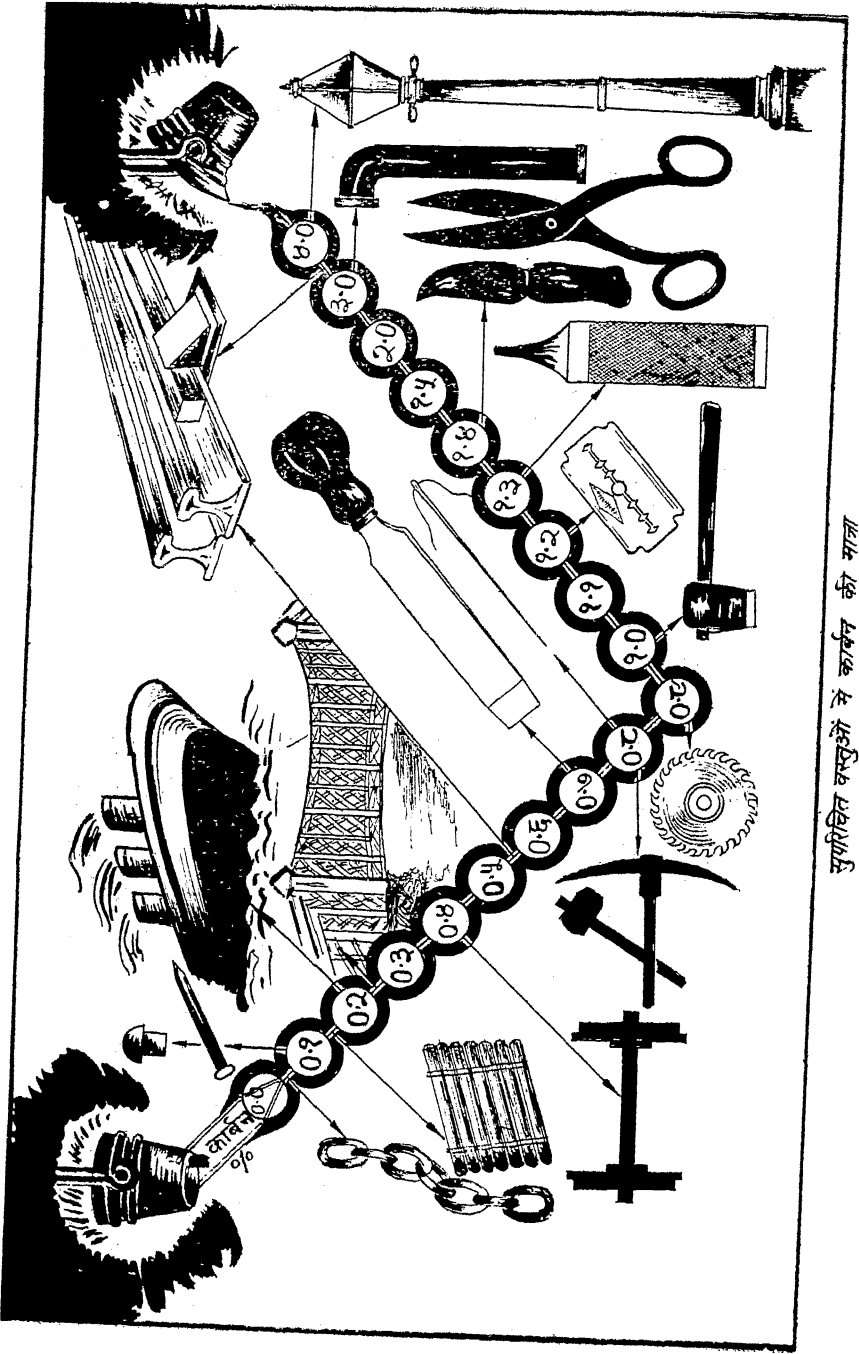
भारत में लोह और इस्पात का वर्तमान वार्षिक उत्पादन लगभग १५ लाख टन है। जमशेदपुर, आसनसोल और भद्रावती लोह और इस्पात उद्योग के प्रमुख केन्द्र हैं। द्वितीय पंच-वर्षीय योजना के अन्तर्गत तीन और बड़े कारखाने रूरकेला (उत्कल), भिलाई (मध्यप्रदेश) और दुर्गापुर (प० बंगाल) में स्थापित किये जा रहे हैं और इस प्रकार योजना के अन्त में लोह और इस्पात का उत्पादन बढ़कर ६० लाख टन वार्षिक हो जायेगा। समृद्ध लोह और इस्पात उद्योग के बिना न तो कोई यन्त्र-उद्योग चल सकते हैं और न सैनिक शक्ति बढ़ सकती है। अधिक अन्न उपजाने, कपड़ा बनाने और राष्ट्र के नागरिकों का जीवन-स्तर ऊपर उठाने के लिए इस्पात के उत्पादन में आत्म-निर्भरता आवश्यक है। इसके बिना राष्ट्र निर्बल और परावलम्बी रहता है। यह कहना बिलकुल ठीक है कि इस्पात

का उत्पादन करनेवाले राष्ट्र-निर्माता होते हैं, क्योंकि वे ही राष्ट्र के सुख, समृद्धि और स्वतंत्रता की नींव डालते हैं।

हम पहले लिख चुके हैं कि इस्पात लोह और कार्बन का धातुमेल है। वर्तमान सभ्यता में इस धातुमेल का सर्वाधिक महत्व है। अलग-अलग इस्पातों के गुण उनकी कार्बन मात्रा और तापोपचार पर अवलंबित रहते हैं। पृष्ठ संख्या ३८ के चित्र में सुपरिचित वस्तुओं में कार्बन की मात्रा दिखाई गयी है। लोह के साथ कार्बन के मेल का महत्व समझने के लिए निम्नलिखित बातों को ध्यान में रखना आवश्यक है :

(१) शुद्ध लोह अपेक्षाकृत अशक्त और तन्य होता है। कार्बन के साथ मेल होने पर उसकी शक्ति और कठोरता में वृद्धि होती जाती है। यही कारण है कि शुद्ध लोह की तुलना में विभिन्न इस्पातों का अधिक उपयोग होता है।

(२) जैसे-जैसे इस्पात में कार्बन की मात्रा बढ़ती जाती है उसकी शक्ति और कठोरता अधिकाधिक होती जाती है पर साथ ही उसकी भंगुरता बढ़ती जाती है और तन्यता कम हो जाती है। जंजीर, जहाज बनाने के लिए चद्दर और पुल बनाने में प्रयुक्त इस्पातों में कार्बन की मात्रा इसी कारण कम होती है। यह आवश्यक है कि यह इस्पात तन्य हो तथा शीघ्रता से आकारित और वेल्डित किया जा सके। रेल की पाँत, रेल-गाड़ी के चाक, बढ़ई के औजार इत्यादि बनाने में मध्यम कार्बन इस्पात उपयोगित होते हैं। इन सब कार्यों में शक्ति, दृढ़ता और कठोरता आवश्यक है, पर साथ ही भंगुरता नहीं चल सकती।

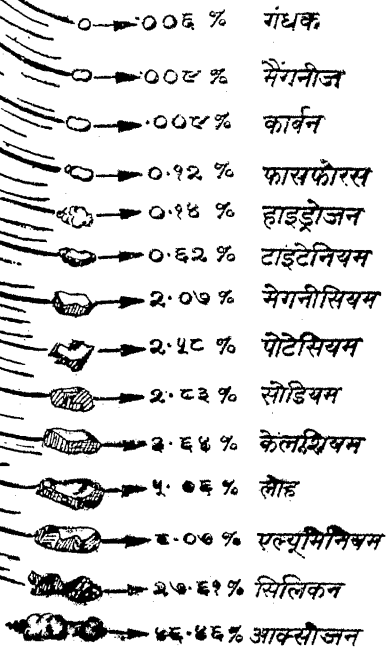
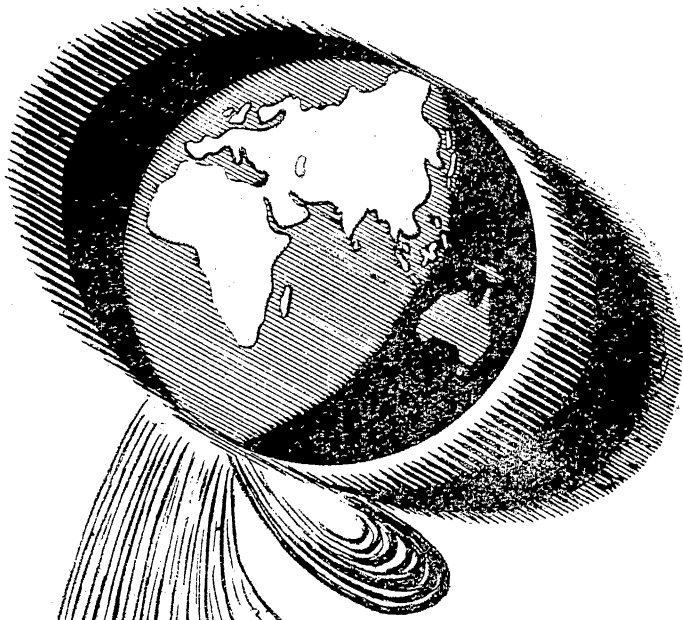
(३) इस्पात को गरम कर बुझाने पर उसकी कठोरता

सुपरिचित वस्तुओं में कार्बन की मात्रा

बहुत बढ़ जाती है। तापोपचार द्वारा गुणों में परिवर्तन इस्पात की लोकप्रियता का प्रमुख कारण है। केवल लोह और कार्बन के मेल को सीधा कार्बन इस्पात कहते हैं। कुछ अन्य धातुओं से मेलित किये जाने पर मेल इस्पात प्राप्त होते हैं। निष्कलंक इस्पात निकेल, क्रोमियम और लोह का धातुमेल है। यह अचुम्बकीय धातुमेल श्वेत और चमकदार होता है। इसमें मोर्चा और धब्बा नहीं लगता। इसी कारण रसोई के बर्तन बनाने के लिए यह धातुमेल बहुत लोकप्रिय हुआ है। रासायनिक और भोज्य उद्योगों में संक्षायक पदार्थों को रखने के पात्र और परिवहन नलियाँ निष्कलंक इस्पात की बनती हैं। टंगस्टन, क्रोमियम, वेनेडियम और कार्बन के साथ लोह के मेल से द्रुत-गति इस्पात बनता है। उचित तापोपचार के बाद यह इतना कठोर हो जाता है कि अधिकांश लोह और अलोह धातुओं के यंत्रन में उपयोगित होता है। इसी कारण इसे 'टूल इस्पात' भी कहते हैं। यंत्रन में घर्षण के कारण जब ये टूल लाल गरम हो जाते हैं, तब भी उनकी कठोरता में कमी नहीं आती। इसी तरह कमानी इस्पात, डाई इस्पात, विद्युतीय इस्पात इत्यादि अलग-अलग तत्वों और धातुओं के संयोग से प्राप्त होते हैं और अपने विशिष्ट गुणों के कारण, आज की औद्योगिक प्रगति के अविभिन्न अंग बन गये हैं। आप किसी भी समय विचार करें, इस्पात की बनी असंख्य वस्तुएँ आपके ध्यान में आ जायेंगी। हजारों भिन्न तरह के इस्पात अलग-अलग कार्यों में प्रयुक्त होते हैं।

(४) लोह में १·७ प्रतिशत कार्बनवाले धातुमेल को इस्पात कहा जाता है। और अधिक कार्बन की मात्रा बढ़ने पर धातु-

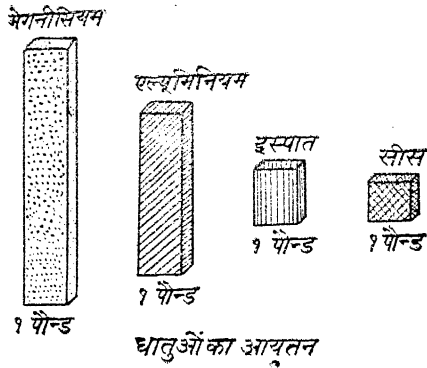
को बीड़ या 'कान्ति लोह' कहते हैं। कार्बन की मात्रा इतनी अधिक बढ़ जाने पर धातुमेल भंगुर हो जाता है और उसका द्रवणांक भी बहुत कम हो जाता है। बीड़ की सभी वस्तुओं का उत्पादन ढलाई द्वारा किया जाता है, इसलिए इसे 'ढलवाँ लोह' भी कहते हैं। इस्पात की तुलना में सस्ता और शीघ्र गलनीय होने के कारण बीड़ रेलों के स्लीपर, लेम्प पोस्ट, यंत्रों के आधार नलियाँ इत्यादि बनाने के काम में आता है। बीड़ की अवमंदन क्षमता इस्पात से बढ़कर होती है, इस कारण जहाँ कहीं शीघ्रता से कम्पन रोकना होता है, बीड़ का उपयोग किया जाता है।

लोह और इस्पात का चुम्बकीय गुण बहुत महत्वपूर्ण है। इसी गुण पर सारी विद्युतीय इंजीनियरी आधारित है। इसके बिना औद्योगिक विद्युत् का उत्पादन असंभव होता। टेलीफोन, टेलीग्राफ, भार उठानेवाले क्रेन इत्यादि लोह और इस्पात के चुम्बकत्व पर ही आधारित हैं। विद्युत् के इन सब उपकरणों के बिना आज हमारा जीवन कैसा होता ?

एल्यूमिनियम—आज से एक शताब्दि पूर्व श्वेत रंग की यह हल्की और सुपरिचित धातु बहुमूल्य और सम्राटों के शृङ्गार की वस्तु मानी जाती थी। फ्रांस के सम्राट नेपोलियन तृतीय अपनी पोशाक में एल्यूमिनियम के बटन लगाते थे और शाही दावतों में विशेष सम्माननीय अतिथियों को इसके चम्मच दिये जाते थे। अत्यन्त कठिनाई से बहुत कम मात्रा में इसका उत्पादन होता था। आज लोह और इस्पात को छोड़कर, एल्यूमिनियम का सर्वाधिक उत्पादन होता है जो २० लाख टन वार्षिक से भी अधिक है। इस धातु की कहानी रोचक और आश्चर्यजनक है। पृष्ठ ४१ के चित्र में पृथ्वी की पपड़ी का औसत रासायनिक

पृथ्वी की पपड़ी का रासायनिक विश्लेषण

विश्लेषण दिखाया गया है। पपड़ी में ८% एल्यूमिनियम है, जब कि लोह केवल ५% और अन्य सुपरिचित धातुएँ जैसे ताम्र, सीस, जस्त इत्यादि ०·१% से भी कम हैं। इतनी बहुलता होने पर भी इस धातु से मनुष्य का परिचय बहुत पुराना नहीं है। इसका प्रमुख कारण एल्यूमिनियम और आक्सीजन की घनिष्ट बन्धुता है, जिसके फलस्वरूप एल्यूमिनियम आक्साइड को कार्बन की सहायता से लघ्वित नहीं किया जा सकता और धातु के उत्पादन के लिए विद्युत्-विश्लेषण करना पड़ता है। इसकी चर्चा हम दूसरे अध्याय में कर चुके हैं। एल्यूमिनियम के उत्पादन की इस क्रान्तिकारी विधि का आविष्कार सन् १८८६ में अमेरिका के हाल और फ्रान्स के हेरोल्ट ने स्वतंत्र रूप से किया। इन दोनो वैज्ञानिकों का जन्म सन् १८६३ में हुआ था, सन् १८८६ में दोनो ने स्वतंत्र रूप से धातु के मात्रा-उत्पादन की पद्धति निकाली और सन् १९१४ में दोनो स्वर्गवासी हुए। तेइस वर्ष की अल्पायु में इस नयी क्रान्तिकारी विधि का आविष्कार कर धातु को सस्ता और सर्वसुलभ बनाने का श्रेय इन दोनो वैज्ञानिकों को है।

उपयोगी और औद्योगिक धातु के रूप में एल्यूमिनियम का इतिहास आधी शताब्दी से अधिक पुराना नहीं है। इतने कम समय में ही धातु का मात्रा-उत्पादन बहुत बढ़ गया है और इसका उपयोग अनेक कार्यों में होने लगा है। इस्पात के अतिरिक्त यह दूसरे नम्बर की महत्वपूर्ण औद्योगिक धातु है। इतने कम समय में किसी भी अन्य धातु का महत्व, उत्पादन और उपयोग इतना अधिक कभी नहीं बढ़ा। एल्यूमिनियम की लोकप्रियता और बढ़े उपयोग के निम्नलिखित मुख्य कारण हैं :

(१) हल्कापन—यह श्वेत रंग की धातु इस्पात की तुलना में तीन-गुना हल्की होती है। इसके साथ शक्ति का संयोग होने के कारण रसोई के बर्तन, फर्नीचर, अनेक प्रकार के विद्युत्-यंत्र मुद्रण के सामान, टाइप राइटरों के फ्रेम और वे सभी वस्तुएँ जहाँ हल्केपन से समय और पैसे की बचत होती है, एल्यूमिनियम और धातुमेलों के बनाये जाते हैं। विशेषकर यातायात के साधनों में इनका बहुत व्यवहार होता है। आधुनिक वायुयान के लगभग तीन-चौथाई गढ़न में इसके धातुमेल उपयोगित होते हैं। अन्य वाहनों के व्यर्थ भार में कमी होने से उनकी गति बढ़ाई जा सकती है और परिवहन व्यय में बचत होती है। रेल के डिब्बे, मोटर गाड़ियाँ और यातायात के यंत्रों और प्रसाधनों के गढ़न में इसका उपयोग निरन्तर बढ़ रहा है।

धातुओं का आयतन

(२) वय-स्थापन—वय-स्थापन द्वारा कठोरता और शक्ति में वृद्धि एल्यूमिनियम के कुछ धातुमेलों का महत्वपूर्ण गुण है। तुरन्त तापोपचारित ये धातुमेल अपेक्षाकृत नरम रहते हैं। समय व्यतीत होने पर इनकी शक्ति और कठोरता बहुत बढ़ जाती है। ताप-द्वारा वय-स्थापन की गति को तेज किया जा सकता है। हल्के और वय-स्थापित सशक्त एल्यूमिनियम के धातुमेलों के उपयोग के बिना विमान-विज्ञान की अपूर्व प्रगति असम्भव थी।

वय-स्थापन का पता लगाने का श्रेय जर्मन वैज्ञानिक विल्म को है। डूरेलुमिन जो प्रमुखत: एल्यूमिनियम, ताम्र, मैंगनीज और मैगनीसियम का धातुमेल है, उन्हीं की देन है।

(३) विद्युत्-चालकता—अच्छी विद्युत्-चालकता के कारण ताम्र के स्थान में एल्यूमिनियम का उपयोग बढ़ रहा है। जहाँ कहीं अधिक वोल्टता पर लम्बी दूरी तक विद्युत्-शक्ति ले जाना होता है, एल्यूमिनियम के मोटे-मोटे चालक उपयोगित होते हैं। ये शुद्ध एल्यूमिनियम के मोटे तारों से रस्सी के रूप में बनाये जाते हैं और शक्ति के लिए इनके मध्य में इस्पात के तार रहते हैं। विद्युत्-शक्ति को दूर-दूर तक पहुँचानेवाले ये वाहक आपने अवश्य देखे होंगे। यदि ये ताम्र के बनाये जायें तो इनका भार बहुत होगा, खंभों को पास-पास लगाना पड़ेगा, तारों के टूटने की संभावना बढ़ जायेगी और खर्च कई गुना अधिक हो जायेगा

(४) संक्षय-रोधन और तापचालकता—अनेक भोज्य पदार्थों की ओर निष्क्रियता और अच्छी तापचालकता के कारण रसोई के बर्तन बनाने और भोज्य पदार्थ-उद्योगों में एल्यूमिनियम का बहुत उपयोग होता है। दूध की बोतलों के ढक्कन, चाय, चाकलेट, सिगरेट इत्यादि लपेटने के चमकदार पतले कागज शुद्ध धातु को बेलित कर बनाये जाते हैं। उत्तम तन्यता के कारण एल्यूमिनियम की आकार लेने की क्षमता अच्छी होती है। संक्षय से बचाव के लिए एल्यूमिनियम पेण्ट उपयोग में आता है। आप अपने चारों ओर देखें, कितनी वस्तुओं की चमक बढ़ाने और उन्हें संक्षय से बचाने के लिए यह पेण्ट व्यवहार में लाया गया है।

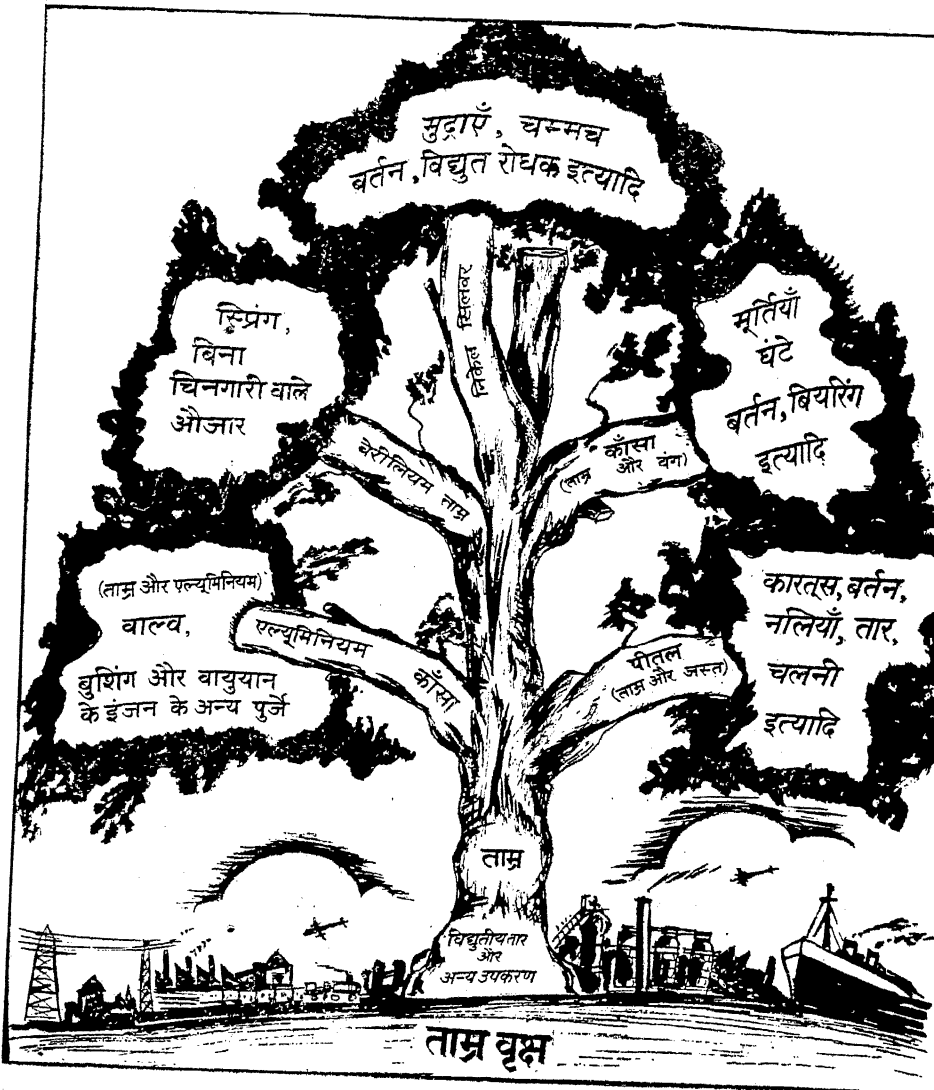
(५) एनोडन—अनेक सुहावने रंगोंवाले साबुन के डिब्बे, टेबिल-लेम्प इत्यादि आपने अवश्य देखे होंगे। ये सस्ते, हल्के, सुहावने और टिकाऊ सामान एल्यूमिनियम के बनाये जाते हैं और फिर विद्युत् द्वारा उनका एनोडन कर एल्यूमिनियम आक्साइड की पतली परत बना दी जाती है। यह परत संक्षय को रोकती है, सरलता से अलग नहीं होती और अनेक प्रकार के रंगों को सोखने की क्षमता रखती है।

इन्हीं गुणों के कारण एल्यूमिनियम की लोकप्रियता और उपयोग निरन्तर बढ़ रहे हैं। संभवतः यही एक ऐसी धातु है जो घरेलू उपयोग और औद्योगिक व्यवहार में समान रूप से उपयुक्त और महत्वपूर्ण सिद्ध हुई है। इसके उत्पादन में विद्युत्-शक्ति की अधिक आवश्यकता पड़ती है। यह अब तक सुलभ न होने के कारण भारत में एल्यूमिनियम उद्योग अधिक प्रगति नहीं कर सका। भविष्य में विद्युत्-शक्ति के विकास के साथ-साथ इस उद्योग को निश्चय ही अधिक प्रोत्साहन मिलेगा और भारत इस धातु का प्रमुख उत्पादक हो जायेगा।

ताम्र—इस धातु से मनुष्य का परिचय सबसे पुराना है और अनेक शताब्दियों तक यह सभ्यता की प्रधान धातु रही। सभी धातुकीय तत्वों में केवल स्वर्ण और ताम्र ही रंगीन होते हैं और इन दोनों धातुओं का सभ्यता के विकास और प्रसार में महत्वपूर्ण योगदान रहा है। आज भी ताम्र अत्यन्त महत्व-पूर्ण औद्योगिक धातु है और सभी अलोह धातुओं में एल्यूमिनियम को छोड़कर इसका उत्पादन और उपयोग सर्वाधिक है।

औद्योगिक यन्त्रों को गतिशील रखने के लिए विद्युत्-शक्ति आवश्यक है और इस शक्ति का उत्पादन, संचलन और वितरण

मुद्राएँ, चम्मच
बर्तन, विद्युत रोधक इत्यादि
निकिल सिलवर
स्प्रिंग, बिना चिनगारी वाले औजार
मूर्तियाँ घंटे बर्तन, बियरिंग इत्यादि
बेरीलियम ताम्र
काँसा (ताम्र और वंग)
(ताम्र और एल्यूमिनियम) वाल्व, बुशिंग और वायुयान के इंजन के अन्य पुर्जे
एल्यूमिनियम काँसा
कारतूस, बर्तन, नलियाँ, तार, चलनी इत्यादि
पीतल (ताम्र और जस्त)
ताम्र
विद्युतीय तार और अन्य उपकरण

ताम्र वृक्ष

करने में ताम्र का सर्वाधिक उपयोग होता है। विश्व के कुल उत्पादन का आधे से अधिक भाग विद्युतीय उद्योगों में खपत होता है। शुद्ध धातु के रूप में कोई भी अन्य धातु इतनी अधिक मात्रा में उपयोगित नहीं होती। आप अपने घरों में लगे बिजली के तारों, पंखों और अन्य विद्युतीय प्रसाधनों में सदैव ताम्र का उपयोग पायेंगे। साधारण धातुओं में ताम्र की विद्युत्-चालकता सर्वोत्तम होती है। केवल रजत की चालकता ताम्र से अधिक होती है, पर उसका मूल्य कई गुना अधिक होने के कारण ताम्र का ही उपयोग किया जाता है। यदि रजत की चालकता को १०० मान लिया जाये तो उस स्केल पर ताम्र ९८·५ रहेगा। विद्युतीय उद्योगों में उपयोगित ताम्र का शुद्ध होना अत्यावश्यक है, कारण कि बहुत ही सूक्ष्म मात्रा में अशुद्धियों की उपस्थिति ताम्र की विद्युत्-चालकता को बहुत कम कर देती है। उदाहरणार्थ ०·१% आर्सेनिक शुद्ध ताम्र की चालकता को ७५% कर देता है। विद्युत्-उद्योग में प्रयुक्त शुद्ध ताम्र बहुत सावधानी से विद्युत्-विच्छेदन द्वारा शोधित किया जाता है।

प्राचीन समय से ही ताम्र के अनेक धातुमेल घरेलू और औद्योगिक उपयोग में बराबर लोकप्रिय रहे हैं। ताम्र और वंग के धातुमेल काँसा का वर्णन हम पहले अध्याय में कर चुके हैं। अनेक प्रकार के शस्त्रों और मूर्तियों तथा दर्पणों इत्यादि के गढ़न में इसका उपयोग किया गया। आज भी काँसा बर्तन, मूर्तियाँ और घंटे बनाने के काम में आता है। पीतल प्रमुखतः ताम्र और जस्त का धातुमेल है। ७०% ताम्र और ३०% जस्त वाला पीतल कारतूस बनाने के काम में आता है और 'कारतूसी पीतल' कहलाता है। और अधिक जस्त की मात्रावाले पीतल अनेक

प्रकार के घरेलू सामान, बर्तन, पेंच इत्यादि बनाने के काम में आते हैं। निकेल और जस्त के साथ ताम्र के धातुमेल क्रमशः निकेल सिलवर और जर्मन सिलवर के नाम से प्रसिद्ध हैं। सुन्दरता के साथ-साथ शक्ति, संक्षय-रोधन, तन्यता और आकारन क्षमता का संयोग होने के कारण इनके अनेक उपयोग विकसित हुए हैं। वर्तमान दो, पाँच और दस नये पैसों के सिक्के निकेल और ताम्र के धातुमेल और एक नया पैसा ताम्र के बने रहते हैं, जिसमें कुछ मात्रा में वंग मिला दिया जाता है।

नटराज शिव कांस्य मूर्ति १२वीं शताब्दी

ताम्र के अनेक उपयोगों में उसकी आकारन-क्षमता, तन्यता और संक्षय-रोधन उल्लेखनीय हैं। ये गुण इसके अधिकांश धातु-मेलों में भी विद्यमान रहते हैं। इनके चद्दर बेले जा सकते हैं, तार खींचे जा सकते हैं, पीटकर, दाबकर तथा सोल्डरन, ब्रेजन अथवा वेल्डन द्वारा अनेक उपयोगी आकार बनाये जा सकते हैं। ढलाई करके अनेक वस्तुएँ बनाई जाती हैं। ताम्र के धातुमेलों का रंग तामिया से लेकर रजत-सा श्वेत और बिल्कुल स्वर्णिम बनाया जा सकता है। उचित मात्रा में अन्य

धातुमेल कई प्रकार की कलात्मक और सजावट की चीजें बनाने के काम में आते हैं। ९०% ताम्र और १०% एल्यूमिनियमवाले धातुमेल को 'नकली सोना' कहते हैं। इसका रंग और आभा लगभग असली स्वर्ण के समान होते हैं।

बेरीलियम धातु के साथ ताम्र का धातुमेल विशेष-उल्लेखनीय और औद्योगिक महत्व का है। इस धातुमेल में बेरीलियम की मात्रा लगभग २.५% होती है और तापोपचार के बाद इसकी शक्ति साधारण इस्पात से तीन गुनी और शुद्ध ताम्र से छह गुनी अधिक हो जाती है। इस धातुमेल के बने औजारों से चिनगारियाँ नहीं निकलतीं और इस कारण गैसीय खदानों और विस्फोटक पदार्थोंवाले कारखानों में जहाँ चिनगारी देनेवाले इस्पात के औजारें व्यवहार में नहीं लाये जा सकते, इनका उपयोग किया जाता है। आज हमारे जीवन और औद्योगिक विकास के इतने पहलू हो गये हैं कि प्रत्येक कार्य के लिए विशेष गुणोंवाले उपकरणों की आवश्यकता होती है। यदि ऐसा न हो तो सभ्यता के कितने पहलू पंगु हो जायें। ताम्र और उसके धातुमेल मनुष्य के सबसे पुराने साथी हैं। अनेक शताब्दियों तक उन्होंने मनुष्य की रक्षा की है। आज भी शक्ति के उत्पादन और वितरण में तथा अन्य अनेक उपयोगों में इनका महत्वपूर्ण योगदान है।

मेगनीसियम—पृथ्वी की खानों के अतिरिक्त महासागर भी अनेक खनिजों के विपुल भंडार हैं। एक घनमील समुद्र के पानी से लगभग ग्यारह करोड़ सत्तर लाख टन नमक, साठ लाख टन मेगनीसियम धातु, आठ हजार टन एल्यूमिनियम और दो सौ बीस सेर स्वर्ण प्राप्त किया जा सकता है। महासागरों में

उपर्युक्त धातुओं की जितनी मात्रा विद्यमान है उसे हम उपयोग कर कभी समाप्त नहीं कर सकते। पृथ्वी पर भी मेगनीसियम के अनेक खनिज पाये जाते हैं।

मेगनीसियम धातु का उपयोग गत अर्ध शताब्दी में बहुत बढ़ गया है। सन् १९०० में इसका कुल विश्व-उत्पादन १० टन से अधिक नहीं था। सन् १९३६ में यह बढ़कर २० हजार टन से अधिक हो गया। इस समय यह मात्रा २४० हजार टन से अधिक हो गयी है। साथ ही कीमत लगभग पच्चीस रुपये सेर से घटकर डेढ़ रुपये सेर हो गयी है। इन आँकड़ों से हम इसकी आश्चर्यजनक धातुकीय प्रगति का अनुमान लगा सकते हैं।

मेगनीसियम हल्की धातु है। एल्यूमिनियम इससे डेढ़ गुना तथा लोह और इस्पात चार गुने भारी होते हैं। यह गणना की गयी है कि यदि वायुयान का भार एक सेर कम हो तो एक वर्ष की उड़ान अवधि में लगभग एक हजार-रुपयों की बचत होगी। यातायात के अन्य साधनों के लिए भी इसी प्रकार गणना की जा सकती है। अतः मेगनीसियम के हल्के धातुमेलों का उपयोग कर पर्याप्त लाभ उठाने के प्रयत्न किये गये हैं। शुद्ध मेगनीसियम धातु अधिक शक्तिशाली नहीं होती, किन्तु एल्यूमिनियम, जस्त, मैंगनीज और जिरकोनियम के साथ मेल से उसकी शक्ति कई गुनी बढ़ जाती है। हल्केपन के साथ यन्त्रन में सुगमता और निरन्तर कम्पन की सहनशीलता का संयोग होने के कारण मुद्रण-यन्त्रों के गढ़न में मेगनीसियम के धातुमेल बहुत उपयोगी सिद्ध हुए हैं। जिरकोनियम के साथ मेगनीसियम के धातुमेलों का उपयोग जेट वायुयानों के गढ़न में हो रहा है।

मेगनीसियम के एक उपयोग से हम भलीभाँति परिचित

हैं—वह है उसका जलना और उज्ज्वल तेज प्रकाश देना। दीपावली के अवसर पर जिन तारों को जलाकर बच्चे उज्ज्वल तेज प्रकाश करते हैं वे मेगनीसियम के ही तार होते हैं। चमक फोटोग्राफी में भी ये ही तार उज्ज्वल प्रकाश करते हैं। द्वितीय विश्व युद्ध में शीघ्र जल उठनेवाले बम बनाने में मेगनीसियम का बहुत उपयोग हुआ। इस युद्ध-कालीन माँग को पूरा करने के लिए नयी दिशाओं में गवेषणा की गयी जिसके फलस्वरूप इस धातु के उत्पादन की नयी विधियों का आविष्कार हुआ और उत्पादन में आश्चर्यजनक प्रगति हुई। शान्ति के समय अब यह धातु जनसाधारण की सुख-सुविधा बढ़ाने में प्रयुक्त हो रही है।

शीघ्र जल उठने के कारण मेगनीसियम धातु के गलाने और यंत्रन में विशेष सावधानी आवश्यक है। इसके धातुमेलों को ढलाई द्वारा अथवा २५ से० से ऊपर ताप पर बेलित अथवा दाबकर आकारित किया जाता है। गलाते समय विशेष फ्लक्सों की सहायता से अधिक-से-अधिक वायु को सम्पर्क से अलग रखने का प्रयत्न किया जाता है।

सामान्य धातुओं में जनसाधारण मेगनीसियम से सबसे कम परिचित है। लोह, इस्पात, एल्यूमिनियम, जस्त इत्यादि से अधिक सम्पर्क आने के कारण हम इन्हें सरलता से पहचान लेते हैं। मेगनीसियम के इतने सर्वसाधारण उपयोग अभी तक लोकप्रिय नहीं हुए हैं। साथ ही एल्यूमिनियम के समान रंग और हल्की होने के कारण दोनों में एकाएक अन्तर समझना कठिन है। इंजीनियरी धातुवर्ग में बहुत कम समय में ही अधिक शक्ति और भार-अनुपात के कारण मेगनीसियम धातुमेलों

ने अपना विशिष्ट स्थान बना लिया है। यह हर्ष की बात है कि इसके खनिज समुद्र के पानी में और पृथ्वी पर बहुलता से वितरित हैं और किसी भी राष्ट्र-विशेष का उन पर एकाधिपत्य नहीं है। यह होते हुए भी धातु का सफलतापूर्वक उत्पादन करने के लिए धातुकीय कुशलता आवश्यक है। हमे पूरा विश्वास है कि शीघ्र ही भारत में इस हल्की और उपयोगी धातु का मात्रा-उत्पादन प्रारम्भ हो जायेगा।

सीस—आज सभ्यता की सबसे सक्षम शक्ति है ज्ञान और विज्ञान की बातों का सर्वत्र और शीघ्र प्रचार और प्रसार। हम घर बैठे सारे विश्व में होनेवाली गवेषणा, प्रगति और हलचलों से परिचित रहते हैं और इस प्रकार सभी वस्तुओं का सामूहिक सदुपयोग और विकास सम्भव हो गया है। कथा, कहानी, दर्शन, मनोविज्ञान इत्यादि सभी विषयों के सम्बन्ध में आधुनिकतम विचारों से सुपरिचित रहना सुलभ हो गया है। इन सब का कारण है समाचारपत्रों, पुस्तकों और पत्रिकाओं का मुद्रण, जिसमें सीस के धातुमेल व्यवहारित होते हैं। यह नरम, अशक्त और कुरूप-सी धातु अपने इस महत्त्वपूर्ण उपयोग के कारण सभ्यता की प्रमुख शक्ति है। आप कल्पना करें कि यदि भोजपत्रों पर लिखकर ज्ञान को सुरक्षित और प्रसारित करना पड़ता तो आज शिक्षा और हमारे जीवन की क्या अवस्था होती ?

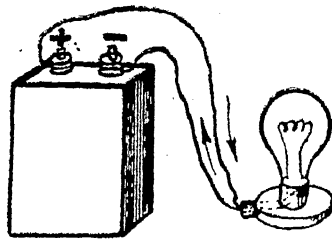
कोमलता, आकारित होने की सरलता, कम द्रवणांक और अच्छा संक्षय-रोधन सीस धातु के महत्वपूर्ण गुण हैं। इनके कारण सीस, एंटीमनी और वंग के धातुमेल, जिनमें सीस प्रधान घटक होता है, मुद्रण के अक्षर ढालने में व्यव-

हारित होते हैं। ठोस होने पर ये अक्षर संकुचित नहीं होते जिससे चिन्हों का अंकन स्पष्ट होता है। पुराने अक्षरों को गलाकार पुनः उपयोग में लाया जाता है और इन धातुमेलों का जीर्ण-मूल्य अच्छा होता है।

सामान्य धातुओं में सीस सबसे अधिक नरम धातु है। सरल लघ्वन और आकारन क्षमता के कारण सीस से मनुष्य का परिचय सभ्यता के प्रारम्भिक दिनों में ही हो गया था, ऐसे प्रमाण मिलते हैं। गलाकर, पीटकर, बेलकर, और मोड़कर इसकी चद्दरें, जलवाहक नलियाँ, छप्परों पर मढ़ने के अस्तर इत्यादि बनाये जाते थे। अच्छी संक्षय-रोधन क्षमता के कारण दो हज़ार वर्ष पहले की बनी वस्तुएँ आज भी नयी मालूम होती हैं। मुद्राएँ बनाने में भी पुराने समय में सीस का उपयोग होता था। गोलियाँ और छर्रे बनाने के लिए सीस आज भी व्यवहार में लाया जाता है।

नरम और अशक्त होने के कारण इंजीनियरी धातुओं के समान सीस का उपयोग नहीं होता, परन्तु इसके अन्य महत्वपूर्ण औद्योगिक उपयोग हैं। सीस और वंग के धातुमेल सोल्डर या 'कच्चा टाँका' लगाकर जोड़ने के काम में आते हैं। इन धातुमेलों की द्रव-अवधि अधिक होने के कारण जोड़ लगाने में सुविधा रहती है। बियरिंग धातुमेलों के उत्पादन में सीस का व्यवहार दूसरा उल्लेखनीय औद्योगिक उपयोग है। कई प्रकार के बियरिंग धातुमेल विकसित किये गये हैं, जो दो कठोर पुर्जों में घर्षण और घिसन कम करने के लिए व्यवहार में लाये जाते हैं। मध्यम भार और ताप पर कार्य करनेवाले यन्त्रों में ये धातुमेल संतोषजनक कार्य करते हैं।

शारीरिक निदान और औद्योगिक क्षेत्रों में एक्स-रे के उपयोगों को कौन नहीं जानता। टूटी हड्डियों, तपेदिक इत्यादि का पता लगाने में डाक्टर इनका उपयोग करते हैं। धातुकीय अवयवों में भी दरार या अन्य दोषों का पता लगाने के लिए और अधिक शक्तिशाली एक्स-रे का उपयोग किया जाता है। इनका और अन्य रेडियो-सक्रिय किरणों का शरीर पर हानिकारक प्रभाव बचाने के लिए सीस के बचाव-चद्दर प्रयुक्त होते हैं। यह इन किरणों के लिए अभेद्य है। औद्योगिक और शारीरिक निदान क्षेत्रों में एक्स-रे की सफलता को देखते हुए, यह सीसे का महत्वपूर्ण उपयोग है, यद्यपि मात्रा-व्यय की दृष्टि से इसमें अधिक सीस की खपत नहीं होती।

उत्तम संक्षय-रोधन के कारण गंधकाम्ल के पात्र, वाहक-नलियाँ इत्यादि एण्टीमनित सीस के बनाये जाते हैं। गंधकाम्ल लगभग सभी रासायनिक उद्योगों में व्यवहारित होता है। अतः सीस के इस उपयोग का महत्व स्पष्ट है। स्टोरेज बैटरी के उत्पादन में सीस के कुल उत्पादन का छठवाँ भाग व्यय होता है। यदि बैटरी ठीक न हो तो मोटरकार चलाने में कितनी मुसीबत होती है? विशेष संक्षय-रोधन के लिए विद्युत-चालकों पर सीस का अस्तर लगाया जाता है। कुल उत्पादन का पाँचवाँ भाग श्वेत सीस के उत्पादन में लगता है। श्वेत सीस पेण्ट बनाने में प्रयुक्त होता है।

सीस बहुमूल्य धातुओं का अत्युत्तम विलायक है। सीस

खनिजों में भी अनेक बहुमूल्य धातुएँ, विशेषरूप से रजत विद्यमान रहती है। विश्व के कुल रजत-उत्पादन का तीन चौथाई से अधिक सीस-खनिजों से प्राप्त होता है अधिकांश सीस-सुखनिज रजतयुक्त होते हैं।

ताम्र और सीस का वार्षिक विश्व-उत्पादन लगभग बराबर है। भारत में सीस का उत्पादन टुन्डू (बिहार) में किया जाता है और 'ओर' संकेन्द्र जावर (राजस्थान) से लाया जाता है। सभ्यता को स्थायी और व्यापक बनाने का प्रमुख श्रेय इसी अशक्त धातु को है।

वंग—महान् विजेता सम्राट् नेपोलियन के सामने अपनी आगे बढ़ती हुई सेना के लिए खाद्य सामग्री का समुचित प्रबन्ध एक बड़ी समस्या थी। खाद्य पदार्थों को अधिक समय तक सुरक्षित और सुभोज्य रखने की विधि का अन्वेषण करने के लिए उसने एक बड़े पुरस्कार की घोषणा की थी। एक वैज्ञानिक को, यह सिद्ध करने पर कि उबालकर काँच की शीशियों में रखे गये भोज्य पदार्थ कई दिनों तक नहीं बिगड़ते नेपोलियन ने वह पुरस्कार राशि प्रदान की थी। उस समय तक यह नहीं मालूम था कि वंगावरित या वंगरंजित डिब्बे इसके लिए बहुत उपयुक्त होते हैं, इसकी खोज होने के बाद विश्व का अधिकांश वंग इन्हीं डिब्बों के उत्पादन में व्यय होता है।

वंगावरित डिब्बों का भोज्य पदार्थों को संरक्षित रखने में उपयोग सभ्यता को एक महत्त्वपूर्ण देन है। हजारों मील दूर पैदा होनेवाले फल, तरकारी और अन्य पदार्थों का उपभोग हम आनन्दपूर्वक घर बैठे कर सकते हैं। मक्खन, घी, पनीर और जल्दी से बिगड़ जानेवाली अन्य वस्तुएँ कई महीनों तक ताजी

रखी जा सकती हैं। अधिक उत्पादनवाले क्षेत्रों से ये सब पदार्थ कम उत्पादनवाले क्षेत्रों में सरलता से भेजे जा सकते हैं।

वंग की यह संरक्षण-क्षमता अपूर्व है। सन् १८२५ में आर्कटिक प्रदेश की खोज करने के लिए एक दल रवाना हुआ था और उसके सब सदस्य वहीं मर गये। सन् १९१८ में उसी दिशा में गये दूसरे दल को पुराने दल के अवशेष और जहाज के साथ कुछ भोज्य पदार्थों के वंगावरित डिब्बे मिले। उनमें रखे हुए पदार्थों को खाने से किसी के स्वास्थ्य पर हानिकारक प्रभाव नहीं पड़ा। इस प्रकार लगभग ९० वर्ष तक ठंड और वंग ने उनको संरक्षित रखा।

इस्पात के चद्दरों को गरम आवरण या विद्युत्-रंजन द्वारा वंगित किया जाता है। इन क्रियाओं द्वारा वंग की एक पतली तह इस्पात के चारों ओर फैल जाती है और उसे सब तरफ से ढक लेती है। विद्युत्-रंजन द्वारा वंगित १ मन इस्पात की चद्दर में लगभग एक पाव और गरम आवरण द्वारा वंगित १ मन चद्दरों में लगभग ३ पाव वंग व्यय होता है। विद्युत्-रंजन द्वारा वंगित इस्पात गुणों में हीन नहीं होता। वंग की बचत के कारण अब इसका अधिकाधिक प्रयोग होने लगा है।

वंगावरित इन डिब्बों से हम इतने अधिक परिचित हो गये हैं कि उनके महत्त्व का अनुभव सरलता से नहीं करते। आवश्यकता पड़ने पर डिब्बे के ऊपर लगे ढक्कन को चाकू की सहायता से खट-खट काट लेते हैं। कुछ ही वर्षों पहले तक यह इतना आसान नहीं था। उन दिनों के डिब्बों को काटना तिजौरी तोड़ने का काम था। डिब्बों के ढक्कनों पर बड़े-बड़े अक्षरों में 'हथौड़ी और छेनी से तोड़िए' लिखा रहता था।

रसोई के बर्तनों पर कलई करने के लिए वंग धातु का व्यवहार होता है। नौसादर और वंग की सहायता से अशोभनीय दिखनेवाले बर्तन चमकदार और अधिक उपयोगी हो जाते हैं। स्वादिष्ट, खट्टे और अम्लीय पदार्थ इन बर्तनों में खराब नहीं होते। बिगड़े भोज्य पदार्थों से हम सबके स्वास्थ्य की रक्षा करने का बहुत श्रेय वंग धातु की कलई को है।

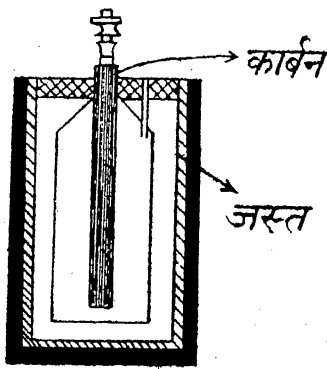
वंग एक शुभ्र और चमकदार धातु है। सीस के साथ वंग कम द्रवणांकवाले धातुमेल बनाता है जिन्हें सोल्डर धातु-मेल या टाँका कहते हैं। इनकी चर्चा हम पहले कर चुके हैं। ये मेल १८० से० पर द्रवित हो जाते हैं। रेडियो, टेलीफोन, विद्युत्-उत्पादन और वितरण में असंख्य बार सोल्डरन करना पड़ता है। बिसमथ, केडमियम, सीस और वंग के एक धातुमेल का द्रवणांक केवल ७० से० है। इस धातुमेल का बना चम्मच चाय के प्याले में डालते ही द्रवित हो जायेगा। नुमाइशों में अनेक बार इस प्रकार दर्शकों को छकाया जाता है।

कार्बनिक अम्लों के संक्षय-रोधन में वंग अद्वितीय है। इसी कारण मिट्टी का तेल रखने के पीपे और भोज्य पदार्थों के रखने के डिब्बे वंगित किये जाते हैं। कुल विश्व-उत्पादन का लगभग आधा वंग इसी में व्यय होता है।

वंग आधारित बियरिंग धातुमेलों का इंजीनियरी में बहुत महत्व है। द्वितीय विश्व युद्ध में मलाया पर जापान का आधि-पत्य होने के बाद मित्र-राष्ट्रों में वंग की कमी आ गयी थी। उन दिनों वंग के उपयोगों पर अनेक नियंत्रण लगाये गये थे। वंग की पट्टी को इधर-उधर मोड़ने पर एक कर्कश ध्वनि निकलती है। इसे 'वंग का रोना' कहते हैं। युद्ध के दिनों में

मित्र-राष्ट्रों में वंग के रोने की अपेक्षा वंग के लिए रोना अधिक सुनाई पड़ता था। वंग धातु का संक्रमण काल में बहुत अधिक महत्त्व है।

ताम्र के साथ काँसे के अतिरिक्त और अन्य उपयोगी धातु-मेल बनाने में वंग का व्यवहार होता है। गूँजती आवाजवाले बड़े-बड़े घंटे ताम्र और वंग धातुमेल 'घंटी धातु' के बने रहते हैं। इनमें ७५-८५ प्रतिशत ताम्र और २५-१५ प्रतिशत वंग रहता है। मुद्रण में व्यवहृत टाइप धातुमेलों में सीस, वंग और एण्टीमनी रहते हैं। इनके अतिरिक्त वंग क्लोराइड यौगिक का रेशम-उद्योग में महत्त्वपूर्ण उपयोग होता है।

वंग हमारे इतने निकट और अधिक परिचय की धातु है कि हम उसके महत्त्व के विषय में कभी ध्यानपूर्वक सोचने का प्रयास भी नहीं करते। प्राचीन काल में कितने युद्धों का परिणाम वंगावरित डिब्बों में सुरक्षित खाद्यों की सहायता से सर्वथा भिन्न हुआ होता। इसके बारे में अज्ञान अनेक पराजयों का कारण बना। वर्तमान युग में अधिकाधिक वंग उपयोगी, स्वादिष्ट पौष्टिक और अप्राप्य खाद्यों को सुरक्षित कर दूर-दूर तक सुलभ बनाने में प्रयुक्त हो रहा है।

जस्त—हमारे दैनिक जीवन में टार्च का विशेष महत्व है। इस चलती-फिरती विद्युत् को अपनी जेब में रखकर आप बेधड़क एक स्थान से दूसरे स्थान तक जा सकते हैं। बटन दबाते ही अँधेरे में प्रकाश देने-

वाले इस सरल-से विद्युत् उपकरण का महत्व हमें तभी विदित होता है जब रात में कहीं बाहर जाते समय हमें टार्च नहीं मिलती। कितने प्रकार की आशंकाएँ और असुरक्षा की भावना हमारे चित्त को एकाएक विचलित कर देती हैं। टार्च को प्रकाश देनेवाले सेलों में जस्त धातु की चद्दर एक महत्वपूर्ण घटक है। सेल के उपर चढ़ा कार्ड बोर्ड हटाते ही जस्त का केस निकल आता है।

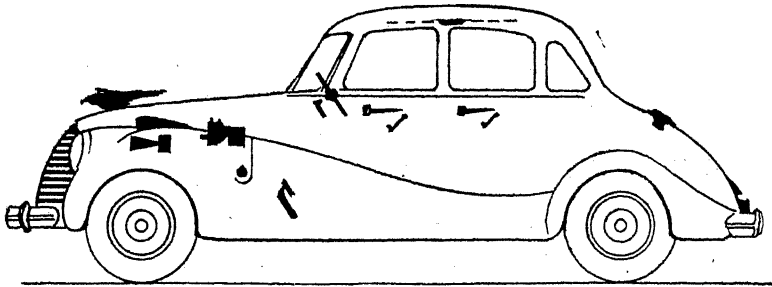
जस्त धातु पीतल के रूप में अनेक शताब्दियों से व्यवहार में आ रही है, परन्तु स्वतंत्र धातु के रूप में इसका इतिहास अधिक पुराना नहीं है। स्वतंत्र धातु के सर्वप्रथम उत्पादन का श्रेय भारत को ही प्राप्त है। सत्रहवीं शताब्दी तक भारत से जस्त निर्यात किया जाता था। धीरे-धीरे अनेक दुर्भाग्यपूर्ण कारणों से भारत में इस धातु का उत्पादन बिल्कुल बन्द हो गया और आज हमारे देश की पूरी माँग आस्ट्रेलिया और अमेरिका से आयात की हुई धातु से पूरी होती है। राजस्थान में जस्त धातु का उत्पादन करने की निकट भविष्य में योजना है।

जस्त धातु का द्रवणांक ४१९° से० और क्वथनांक ९०७° से० है। इतना कम क्वथनांक होने के कारण जस्त-वाष्प हवा में उड़ जाती थी और आक्सीजन के संपर्क में आते ही आक्साइड में परिवर्तित होकर धुएँ के साथ चली जाती थी। पीतल का उत्पादन करने के लिए जस्त खनिज और ताम्र खनिज का भट्टी में साथ-साथ प्रद्रावण किया जाता था। लघ्वित जस्त धातु ताम्र के साथ धातुमेल बना लेती थी और वाष्प के रूप में हानित होने से बच जाती थी। इस प्रकार स्वतंत्र धातु के

उत्पादन के अनेक शताब्दियों पूर्व से पीतल उपयोग में आने लगा था।

जस्त धातु का अधिकांश उपयोग सहायक धातु के रूप में ही होता है। कुल विश्व-उत्पादन का आधे से अधिक लोह और इस्पात के 'संक्षय-बचाव' में व्यय होता है। हमारे घरों में व्यवहृत बाल्टियाँ और मकानों पर छायी नलियेदार चद्दरें जस्तावरित होती हैं। गलित जस्त के कुंड में इस्पात की चद्दरों को डुबाने पर चारों ओर जस्त का आवरण चढ़ जाता है। यह आवरण संक्षायक तत्वों की क्रिया रोकने के लिए बहुत प्रभावशाली पाया गया है। कई स्थानों में जस्तावरित इस्पात की चद्दरें एक शताब्दी से भी अधिक समय से लगातार मेह का मुकाबला कर रही हैं। उत्तम संक्षय-रोधन के कारण गरम आवरण, विद्युत्-रंजन, जस्तन या धातु-तुषारन द्वारा आधार धातु इस्पात पर जस्त की परत चढ़ा दी जाती है जो इस्पात की मोर्चा लगने की प्रवृत्ति को रोक देती है। जस्त के यौगिक संक्षायक तत्वों के उत्तरोत्तर आक्रमण को रोक रखते हैं। यदि कहीं किसी कारणवश जस्त की परत निकल जाये और आधार धातु संक्षायक तत्वों के सम्पर्क में आ जाये तब तुरन्त एक विद्युत्-युग्म स्थापित हो जाता है। इसमें जस्त एनोड और आधार धातु केथोड रहती है। इस प्रकार जस्त धातु स्वयं बलिदान होकर आधार धातु का बचाव करती है। इसी 'बलिदान बचाव' गुण के कारण जस्त के पाट उच्च ताप और दाब पर वाष्प बनानेवाले बायलरों में संक्षय रोकने के काम में आते हैं। क्षारों और अम्लों में जस्त शीघ्रता से विलयित हो जाता है और इस कारण इनका संक्षय-रोधन सफलता से नहीं कर सकता।

ताम्र के साथ पीतल बनाने में कुल विश्व-उत्पादन का लगभग एक तिहाई जस्त व्यय होता है। जस्त की मात्रा के अनुसार विभिन्न आभाओं और गुणोंवाले पीतल प्राप्त होते हैं। ७०% ताम्र और ३०% जस्तवाला कारतूसी पीतल शक्ति में सबसे अच्छा होता है। ठंडी यांत्रिक क्रियाओं द्वारा इसे विभिन्न आकारों में परिवर्तित किया जा सकता है। अन्य प्रकार के पीतलों में जस्त की मात्रा अधिक होती है और इन्हें बहुधा गरम क्रियाओं द्वारा आकारित किया जाता है। सुपरिचित सफेद और उज्ज्वल धातुमेल 'जरमन सिलवर' ताम्र, निकेल और जस्त से बनता है। कीमती धातु निकेल के स्थान में वही चमक और गुण कायम रखते हुए सस्ती धातु का उपयोग करने का प्रयत्न किया जाता है।

निकट वर्षों में जस्त आधारित नये प्रकार के धातुमेलों का विकास हुआ है जिन्हें डाई-ढलित-मेल कहते हैं। आधुनिक मोटरकार इन डाई-ढलित-मेल घटकों की एक चलती-फिरती

जस्त मेलों के डाई ढलित अवयव

नुमाइश है, जिसमें इनकी संख्या २५० से अधिक रहती है। रेत के बने मोल्ड ढलित बीड़ और पीतल की वस्तुओं से हम सभी भली-भाँति परिचित हैं। हर ढलाई के बाद इन मोल्डों

को तोड़कर नष्ट कर दिया जाता है और फिर नये मोल्ड बनाने पड़ते हैं। धातुकीय डाइयों में एक सरीखे अनेक घटक शीघ्रता से उत्पादित किये जा सकते हैं। इन्हें रेत ढलित घटकों की तरह यन्त्रित करने की आवश्यकता नहीं रहती। इस क्रिया की सफलता के फलस्वरूप अनेक छोटे-छोटे घटकों का सस्ते दामों पर मात्रा-उत्पादन सम्भव हो सका है। इस दिशा में जस्त का उपयोग उत्तरोत्तर वृद्धि कर रहा है।

टार्च के सेल में व्यवहृत चद्दर बनाने में जस्त का उपयोग विशेष उल्लेखनीय है। शुद्ध धातु के रूप में जस्त का यह सबसे महत्वपूर्ण उपयोग है। कार्बन के साथ अच्छा विद्युत् विभव देने के साथ ही उत्तम संक्षय-रोधन के संयोग ने जस्त को इस लोकोपकारी उपयोग के सुयोग्य बनाया है। अब आप अगली बार अँधेरे में टार्च जलायें तो प्रकाश देने वाले सेलों के आवश्यक घटक जस्त धातु को न भूलें। उसने आपकी सुरक्षा में महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

निकेल—वर्तमान रुपया, अठन्नी और चवन्नी में चाँदी बिल्कुल नहीं है, इससे सभी लोग सुपरिचित हैं। अनपढ़ ग्रामीण भी इस बात को अच्छी तरह जानते हैं। ये मुद्राएँ शुद्ध निकेल धातु की बनती हैं, इसका ज्ञान कम ही लोगों को होगा। भारत और स्विट्जरलैंड के अतिरिक्त अन्य ३४ देशों में शुद्ध निकेल की मुद्राएँ प्रचलित हैं। अन्य छोटे सिक्के भी ताम्र-निकेल धातुमेलों के बनते हैं। हमारे देश में प्रचलित दो, पाँच और दस नये पैसों में २५% निकेल और ७५% ताम्र होता है। अधिकांश धातुविद्‌ मुद्राओं के लिए निकेल और उसके मेलों को आदर्श धातुएँ मानते हैं। मंद न पड़नेवाली रुपहली चमक

श्रौर घिसन-रोधकता के साथ-साथ उच्च द्रवणांक श्रौर हल्का चुम्बकत्व होने से नकली मुद्राएँ बनाना कठिन है। मुद्राएँ बनाने में निकेल के उपयोग के ये ही मुख्य कारण हैं।

भोजन में नमक का परिमाण कम होने पर भी उसका महत्व कम नहीं है। ठीक इसी तरह यद्यपि निकेल का उत्पादन श्रन्य धातुश्रों की तुलना में कम है, परन्तु उद्योगों में इस धातु का पर्याप्त महत्व है। उपयोगों की विविधता श्रौर प्रसार के कारण इसे बहुमुखी धातु कहा जाता है।

निकेल धातु का प्रारंभिक इतिहास विस्मयकारी श्रौर मनोरंजक है। कुछ ताम्र सुखनिज भट्टियों में श्रनेक प्रकार की कठिनाइयाँ उत्पन्न करते थे। इन्हें प्रद्रावित करने पर ताम्र की प्राप्ति नहीं होती थी। ऐसे सुखनिज को लोग शैतान से प्रभावित कहते थे। श्रनेक वर्षों बाद ज्ञात हुश्रा कि यह कठिनाई श्रौर कुप्रभाव एक नयी धातु की उपस्थिति के कारण थे। शैतान 'निक' के ऊपर से ही इस नयी धातु का नामकरण निकेल हुश्रा।

शैतानी नाम से कुविख्यात निकेल वास्तव में बहुत उपयोगी धातु है। स्वतंत्र धातु के रूप में इसका इतिहास बहुत पुराना नहीं है। धातु के श्रन्वेषण श्रौर पृथक्करण के बाद भी श्रनेक वर्षों तक निकेल का उपयोग शीघ्रता से नहीं बढ़ा। गत शताब्दी के श्रन्तिम वर्षों में जब इस्पात के साथ निकेल का मेल कराने से इस्पात की शक्ति, दृढ़ता, संक्षय श्रौर घिसन-रोधकता में वांछनीय सुधारों पर प्रकाश पड़ा, तभी इसके उपयोगों श्रौर उत्पादन को प्रोत्साहन मिला। निकेल मिला इस्पात सेना में प्रयुक्त विविध शस्त्रों के निर्माण में व्यवहृत होने लगा

और इनके उपयोग से अच्छे और सुघरे शस्त्र बन सके। प्रथम विश्व युद्ध के समय निकेल की माँग बहुत बढ़ गयी, किन्तु युद्ध समाप्त होते ही माँग इतनी कम हो गयी कि सन् १९२१-२२ में निकेल धातु के प्रमुख उत्पादकों को पूरे एक वर्ष तक अपने कारखाने बन्द रखने पड़े। तब तक निकेल को लोग युद्ध की धातु ही मानते थे। निकेल के प्रमुख उत्पादकों ने इसके शान्तिकालीन उपयोगों की संभावनाओं पर गवेषणा की जिसके फलस्वरूप अनेक उपयोगी मेलों का प्रादुर्भाव हुआ। नये विकसित धातुमेलों का प्रचार किया गया और उत्तम गुणों के संयोग के कारण उनका सभी जगह स्वागत हुआ। इस प्रकार गवेषणा और प्रचार के फलस्वरूप सन् १९२९ से शान्तिकालीन उद्योगों में निकेल की खपत प्रथम युद्धकालीन माँग से अधिक बढ़ गयी। गवेषणा से हुई औद्योगिक प्रगति का यह सुन्दर उदाहरण है।

निकेल रुपहली चमकदार धातु है। संक्षय और घिसन-अवरोध इसके महत्वपूर्ण गुण हैं। यह चुम्बकीय धातु है।

उत्तम संक्षय-रोधक होने के कारण निकेल-रंजनीकरण प्रसिद्ध और सुस्थापित विधि है। निकेल की परत के उपर क्रोमियम-रंजन की तह बहुत अच्छी बैठती है। साइकिलों और कारों के चमकदार पुर्जे और अन्य सजावट और दैनिक उपयोग की वस्तुएँ इस तरह उत्पादित होती हैं। निकेल-रंजनीकरण द्वारा घिसे पुर्जों का पुनरुद्धार भी एक महत्वपूर्ण उपयोग है।

निकेल का सर्वाधिक उपयोग इस्पात उद्योग में होता है। कुल उत्पादन का लगभग ६०% मेल इस्पातों के उत्पादन में प्रयुक्त होता है। निकेल के कारण इस्पात की शक्ति, दृढ़ता,

कठोरता, संक्षय और विसन-रोध बहुत सुधर जाते हैं। निष्क-लंक इस्पात, उच्चताप इस्पात, संक्षय-रोधक इस्पात सभी में निकेल एक महत्वपूर्ण संगठक धातु है। उच्चताप इस्पातों के अधिक तापमान पर स्थिरता, दृढ़ता और शक्ति के कारण जेट विमानों और गैस टरबाइन के गढ़न में उपयोग होता है।

ताम्र और जस्त के साथ निकेल के धातुमेलों को 'जरमन सिलवर' कहा जाता है। रसोई और दैनिक व्यवहार में आने-वाले चम्मच, काँटे और अन्य सजावट के सामान ताम्र निकेल या जरमन सिलवर के बनाये जाते हैं। ताम्र और निकेल के 'मोनेल' धातुमेल का संक्षय-रोधन बहुत अच्छा होता है। इसी कारण जलयानों और जलवाष्प उपकरणों में इसका अधिक उपयोग होता है।

क्रोमियम के साथ निकेल के मेलों का विद्युत्-अवरोधन अधिक होता है। इन धातुमेलों को 'नाइक्रोम' कहते हैं। बिजली की सिगड़ी, भट्ठी और अन्य स्थानों में जहाँ मध्यम ताप की आवश्यकता होती है ये ही नाइक्रोम के तार व्यवहृत होते हैं। उच्च ताप पर इनका उपचयन नहीं होता और न भंजनशीलता ही बढ़ती है। 'नियोनिक' धातुमेल भी उच्च ताप पर व्यवहृत होते हैं।

'इनवार' लोह और निकेल का विशेष उल्लेखनीय मेल है। ताप से इसके आयतन में कोई अन्तर न आने के कारण लम्बाई के मापदंड, घड़ियों के पेण्डुलम इत्यादि जिनकी लम्बाई का स्थिर रहना आवश्यक है 'इनवार' धातुमेल के बनाये जाने लगे हैं। इसमें निकेल की मात्रा ३६% होती है।

निकेल के संयोग से बीड़ के गुणों में वांछनीय परिवर्धन

हो जाता है। शक्ति में वृद्धि के साथ-साथ भंजनशीलता में भी पर्याप्त सुधार हो जाता है।

एल्यूमिनियम, कोबाल्ट और निकेल के धातुमेल स्थायी चुम्बकों के गढ़न में अधिक उपयोगी सिद्ध हुए हैं। इनकी चुम्बकत्व शक्ति सर्वोत्तम कार्बन इस्पात चुम्बकों की तुलना में लगभग २५ गुनी अधिक होती है। धातुमेलों में भी निकेल अधिकांशतः गौण रूप में विद्यमान रहता है।

द्वितीय विश्व युद्ध में जर्मनी और जापान के पास निकेल धातु की बहुत कमी हो गयी थी। सभी निकेल खनिजों के जमाव और उत्पादक क्षेत्रों के दूर होने के कारण उनकी पहुँच के बाहर थे। वह धुरी राष्ट्रों के लिए एक बड़ी मुसीबत थी, कारण कि युद्ध के शस्त्रों के निर्माण में निकेल आवश्यक है।

निकेल धातु की उत्पादन विधि, धातुमेल, शान्तिकालीन उपयोगों का विकास और संभावनाएँ सभी गवेषणाओं की सफलताओं के कारण सम्भव हो सके हैं। 'शैतानी ताँबे' के नाम से कुविख्यात धातु अत्यन्त उपयोगी और महत्वपूर्ण बन गयी है। इस्पात, ताम्र, एल्यूमिनियम, क्रोमियम और अन्य धातुओं के साथ मेलों के रूप में इसके उपयोग बहुत बढ़ गये हैं। विविध गुणों के संयोग और उपयोगों के कारण ही निकेल को बहुमुखी धातु कहा जाता है।

टाइटेनियम—टाइटेनियम एक महत्वपूर्ण औद्योगिक धातु है, जिसका हाल में ही पता चला है। अपने अनेक असाधारण गुणों के कारण भविष्य में टाइटेनियम धातु सभ्यता का आधारस्तम्भ बन जायेगी, ऐसा प्रतीत होता है। ऐसा विश्वास करने के कई कारण हैं।

(१) इस धातु के खनिज सरलता से उपलब्ध हैं और उनकी मात्रा विपुल है।

(२) अनेक उपयोगी और असाधारण गुणों का संयोग होने के कारण यह एक अत्यन्त महत्वपूर्ण धातु बन गयी है। यह हल्की होती है, पर दृढ़ता में अच्छे इस्पात से भी स्पर्धा करती है। इसका रंग रजत की तरह सफेद होता है जिस पर धब्बा और मोरचा नहीं लगता। ऊँचा द्रवणांक और ऊँचे ताप पर भी दृढ़ता होने के कारण, इसका विभिन्न क्षेत्रों में अच्छा उपयोग होने की सम्भावना है।

(३) टाइटेनियम ऐसे समय धातु जगत में आ रही है जब अनेक अन्य औद्योगिक धातुओं के स्रोत लगातार उपयोग और खनन के कारण प्रायः समाप्त हो रहे हैं। इनके स्थान में टाइटेनियम का उपयोग अधिकांश कार्यों के लिए भली-भाँति किया जा सकेगा।

(४) उपयुक्त ताप-क्रिया के द्वारा टाइटेनियम और इसके धातुमेलों में अनेक बहुमूल्य गुणों का समावेश तथा गुणों में परिवर्तन और परिवर्धन भी किया जा सकता है और इस प्रकार इसे विभिन्न कार्यों के उपयुक्त बनाया जा सकता है।

इन सब बातों को दृष्टि में रखते हुए यह विश्वास करना उचित ही है कि भविष्य में यह धातु महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त कर लेगी और प्रमुख औद्योगिक धातुओं में गिनी जाने लगेगी।

कुछ वर्ष पहले टाइटेनियम एक दुष्प्राप्य धातु समझी जाती थी और इसके गुणों का अध्ययन केवल शोधकर्ताओं का ही विषय था, परन्तु गत दस वर्षों में इस धातु ने विज्ञान जगत में अपना विशेष स्थान बना लिया है और विश्व के धातु-

वैज्ञानिक इसके उत्पादन के लिए प्रयत्नशील हैं।

भारत में अलौहिक धातुओं के स्रोत कम हैं और इनके जमावों की स्थिति भी अधिक आशाप्रद नहीं कही जा सकती। टंगसटन, निकेल, वंग, जस्त, सीस, ताम्र और अन्य उपयोगी धातुओं के खनिजों का अभाव भारत के औद्योगिक विकास में बाधक हो सकता है। इसलिए देश के धातु-विशेषज्ञ टाइटेनियम के उत्पादन के लिए सुगम विधि खोजने में लगे हैं।

यह सौभाग्य की बात है कि टाइटेनियम के प्रमुख खनिजों की भारत में विपुलता है। प्रकृति इस दिशा में हमारे देश पर काफी दयावान रही है।

भारत में त्रिवांकुर के समुद्री तट पर टाइटेनियम खनिजों की रेत साधारण बालू और अन्य उपयोगी खनिजों के साथ अधिक मात्रा में उपलब्ध है। बम्बई प्रान्त के रत्नागिरि जिले में भी इस खनिज के विस्तृत जमाव पाये गये हैं।

टाइटेनियम अति प्रक्रियाशील धातु है। इस कारण टाइटेनियम का धातुविज्ञान काफी कठिन है। इस धातु का पता लगने से अब तक इसके उत्पादन के लिए अनेक प्रयत्न विभिन्न वैज्ञानिकों द्वारा किये गये, किन्तु अभी तक कोई भी सफल और सुलभ विधि आविष्कृत नहीं हो सकी है।

उपयुक्त उत्पादन विधि का अभाव कोई विशेष निराशाजनक बात नहीं है। लगभग एक शताब्दी पूर्व एल्यूमिनियम धातु के उत्पादन की समस्या भी बड़ी जटिल थी, किन्तु वैज्ञानिक अन्वेषकों ने अथक अध्यवसाय और परिश्रम द्वारा एल्यूमिनियम उत्पादन के लिए एक सफल विधि का आविष्कार किया, जिससे एक समय सोने से भी अधिक दुर्लभ और मूल्यवान धातु

आज सबके लिए सुलभ और उपयोगी सिद्ध हो रही है। इसी प्रकार टाइटेनियम के लिए मात्रा-उत्पादन-विधि का आविष्कार असम्भव नहीं है। जब कोई ऐसी विधि निकल आयेगी तब यह नयी धातु भी सभ्यता और सुख के विकास में बहुत उपयोगी होगी।

टाइटेनियम हल्की, चाँदी की-सी सफेद धातु है। शुद्ध धातु घनवर्धनीय और तन्य होती है। इसका आपेक्षिक घनत्व लोह और एल्यूमिनियम के बीच में है। संक्षय-अवरोध इस धातु का एक अत्यधिक महत्वपूर्ण गुण है। इन सब गुणों के कारण और ऊँचे तापमान पर दृढ़ता कायम रखने के फलस्वरूप इस धातु का अनेक उद्योगों में उपयोग होगा। इनमें से कुछ प्रमुख उपयोग इस प्रकार हैं—टाइटेनियम की सबसे अधिक माँग वायुयान और जलयान के उद्योगों में रहेगी। हल्की, संक्षयावरोधी और उच्च ताप पर दृढ़ होने के कारण विभिन्न प्रकार के साधारण और विशेष वायुयानों के निर्माण में इसका उपयोग होगा। महासागर में चलनेवाले विशालकाय जलयान संक्षय-रोधन के कारण अधिकतर इसी धातु से बनाये जायेंगे।

बिजली के लट्टुओं के तन्तु प्रमुखतः टंगसटन के बनते हैं परन्तु इसके भंडार अल्प हैं। यहाँ टंगसटन के स्थान में टाइटेनियम के उपयोग की सम्भावना है।

आजकल सभी क्षेत्रों में 'निष्कलंक इस्पात' बहुत लोक-प्रिय होता जा रहा है। टाइटेनियम धातु इसके लिए एक समर्थ प्रतिस्पर्धी के रूप में आयेगी। रासायनिक उद्योगों के लिए भी यह बहुत महत्वपूर्ण है।

स्थायी चुम्बकों के लिए, एक्स-रे उत्पादक-यन्त्रों में तथा

कपड़ा बनाने की मशीनों के निर्माण में टाइटेनियम का उपयोग अनेक वांछनीय परिवर्तन लायेगा। टाइटेनियम-आक्सीजन यौगिक से बनाये गये रंग (पेण्ट) चमक और सफेदी में अद्वितीय हैं।

'टाइटेनियम टेट्राक्लोराइड' का उपयोग कृत्रिम धुएँ के बादल उठाने में बहुत दिनों से हो रहा है। इनसे सेना और जलयानों की यात्रा को कृत्रिम धुआँ उठाकर गुप्त रखा जाता है। वायुयान द्वारा आकाश-लेखन इस यौगिक का दूसरा महत्व-पूर्ण उपयोग है।

यद्यपि टाइटेनियम धातु में अनेक उपयोगी गुण हैं, तथापि इस समय उपयुक्त धातु-वैज्ञानिक विधि के अभाव में इसका उत्पादन-व्यय बहुत अधिक है। टाइटेनियम के उपयोग में यह एक बड़ी रुकावट है। जिस प्रकार एल्यूमिनियम के धातु-विज्ञान में 'हाल और हेरोल्ट विधि' ने क्रान्तिकारी परिवर्तन उपस्थित किया, इसी प्रकार जब तक कोई विधि टाइटेनियम के धातु-विज्ञान और उत्पादन को सरल और सुलभ नहीं बनायेगी, तब तक इस शुभ्र धातु के बने विशाल जलयानों और द्रुतगामी वायुयानों का विचार एक कल्पना-मात्र ही रहेगा।

४. सहायक धातुएँ

टंग्सटन—बटन दबाते ही सारा कमरा प्रकाशित हो उठता है। बल्ब में लगे तंतु में से विद्युत् प्रवाहित होने लगती है। तंतु गरम होकर उज्ज्वल प्रकाश देने लगता है। बल्ब में लगा यह तंतु 'टंग्सटन' धातु का बना रहता है। यही इसका सुपरिचित उपयोग है।

बिजली के बल्ब के तंतु बनाने में टंग्सटन के कुल उत्पादन का केवल २ प्रतिशत प्रयुक्त होता है। लगभग ९५ प्रतिशत टंग्सटन की खपत इस्पात उद्योग में होती है। शेष ३ प्रतिशत विशिष्ट वैज्ञानिक उपकरणों और यन्त्रों के निर्माण में प्रयुक्त होता है। इन सभी उपयोगों के क्षेत्र में टंग्सटन का विशेष महत्व और स्थान है।

टंग्सटन धातु का पता लगभग १५० वर्ष पहले लगा था, किन्तु इससे बने तंतु के अपूर्व गुणों का अन्वेषण आधुनिक शताब्दी में ही हुआ। आज बल्ब में लगा लगभग एक आने की लागत का टंग्सटन तंतु घर-बाहर सभी जगह प्रकाशदाता के रूप में वरदान-तुल्य सिद्ध हो रहा है। टंग्सटन तंतु के अन्वेषण के पहले कार्बन के तंतु बल्बों में प्रयुक्त होते थे। इनकी तुलना में टंग्सटन तंतु लगभग पाँच गुने अच्छे होते हैं। कार्बन के तंतुओं के स्थान में टंग्सटन तंतुओं का उपयोग होने से विद्युत्-

शक्ति की बहुत बचत हुई है और बल्बों की प्रकाश-अवधि कई गुना बढ़ गयी है। इस प्रकार प्रतिवर्ष करोड़ों रुपये की बचत संभव हो सकी है।

दस करोड़ बल्बों के तंतु बनाने में लगभग २ टन धातु की खपत होती है। सारे विश्व में प्रतिवर्ष बल्बों के उत्पादन में १०० टन टंग्सटन व्यय होता है। संभवत: गत तीस वर्षों में इतनी ही मात्रा में प्रयुक्त कोई भी अन्य धातु टंग्सटन के प्रकाश देनेवाले तंतु के समान लोक-कल्याणकारी सिद्ध नहीं हुई। तंतु के अतिरिक्त विशिष्ट विद्युतीय उपकरणों, एक्सरे और बेतार-यंत्रों, अग्नि प्रतिरोधक और स्फुलिंग प्लगों के गठन में धातुओं में अपनी सर्वाधिक तन्यता और उच्चतम द्रवणांक के कारण टंग्सटन धातु अद्वितीय है। ग्रेफाइट कार्बन को छोड़कर अन्य सभी तत्वों की तुलना में टंग्सटन का द्रवणांक सर्वाधिक है। इसके ०·०००२ इंच व्यास से भी बारीक तार खींचे जा सकते हैं।

टंग्सटन की सबसे अधिक खपत द्रुत-गति इस्पात के उत्पादन में होती है। इन इस्पातों के बने औजारों के प्रयोग से यन्त्रन के जिस काम में पहले घण्टों लगते थे अब वही कुछ मिनटों में पूरा हो जाता है। द्रुतगति से काटने का काम करते हुए लाल गरम होने पर भी ये औजार अपनी कठोरता और दृढ़ता नहीं खोते। यही इनकी उपयोगिता और महत्व का रहस्य है। यन्त्रन और उत्पादन में इस कारण क्रान्तिकारी प्रगति सम्भव हो सकी है। सामान्य द्रुतगति इस्पात में लगभग १८ प्रतिशत टंग्सटन, ८ प्रतिशत क्रोमियम और १ प्रतिशत वेनेडियम होता है। सीधे कार्बन इस्पातों की तुलना में इनकी गति

पाँच गुना से भी अधिक रहती है। अधिक कठोर होने के कारण इन औजारों द्वारा अधिक गहराई तक 'काट' किया जा सकता है। इनके अतिरिक्त गौण मात्रा में अनेक प्रकार के मेल-इस्पातों जैसे निष्कलंक इस्पात, मोटरकार स्प्रिंग, चाकू और छूरे, रेती, आरे और विद्युत्-रोधक तार इत्यादि में टंग्सटन विद्यमान रहता है।

कार्बन और टंग्सटन के मेल से उत्पादित टंग्सटन कार्बाइड हीरे के अतिरिक्त सर्वाधिक कठोर पदार्थ है। टंग्सटन-कार्बाइड-युक्त औजारों की कार्य-अवधि द्रुतगति-इस्पात-औजारों की तुलना में लगभग सौ गुनी होती है। यंत्रन के क्षेत्र में यह अत्यन्त महत्व-पूर्ण और वांछनीय विकास है। टंग्सटन के अलौहिक धातुमेलों में स्टेलाइट-वर्ग विशेष उल्लेखनीय है। कोबाल्ट, क्रोमियम और टंग्सटन के ये धातुमेल यन्त्रन औजारों के अतिरिक्त कठोर तह बनाने में भी प्रयुक्त होते हैं।

अपने प्रयोग के प्रत्येक क्षेत्र में टंग्सटन का स्थान अद्वितीय है। तंतु-उत्पादन, द्रुतगति-इस्पात और विशिष्ट वैज्ञानिक उपकरणों के निर्माण में हम टंग्सटन के अतिरिक्त पूर्णतः किसी अन्य धातु को स्थानापन्न नहीं कर सकते। अपने गुणों के कारण यह धातु बेजोड़ है। इसकी अनुपस्थिति में वर्तमान सभ्यता का स्वरूप सम्भवतः इतना निखरा न होता।

मालिबडेनम—यह धातु कुछ गुणों और उपयोगों में टंग्सटन से बहुत समानता रखती है। इस कारण, धातुज्ञ इन दोनों धातुओं के बारे में बहुधा अलग-अलग नहीं सोचते। लगभग पचास वर्ष पूर्व मालिबडेनम का कुल विश्व-उत्पादन कुछ रस-द्रव्यों के उत्पादन में व्यय होता था। आज मेल-इस्पातों के उत्पादन में इसका प्रमुख उपयोग होता है।

ऐसा साधारणतः माना जाता है कि द्रुतगति-इस्पात के उत्पादन में मालिबडेनम की शक्ति टंग्सटन की अपेक्षा दुगुनी होती है। अतः वे द्रुतगति-इस्पात जिनमें टंग्सटन की मात्रा १८ प्रतिशत रखी जाती थी, केवल ६ प्रतिशत मालिबडेनम युक्त बनाये जा सकते हैं। अनेक द्रुतगति-इस्पातों में आंशिक रूप में टंग्सटन के स्थान में मालिबडेनम का उपयोग किया जाने लगा है।

मालिबडेनम की विद्युत्-चालकता ताम्र की लगभग एक तिहाई होती है। उच्च द्रवणांक और विद्युत्-चालकता के संयोग के कारण मालिबडेनम के तार बल्ब में टंग्सटन तंतु को सहारा देने के लिए प्रयुक्त होते हैं। तार, दंड और चादर के रूप में इस धातु की काफी मात्रा इलेक्ट्रानीय वाल्व और उच्च ताप-वाली भट्टियों के लपेटन तार बनाने में प्रयुक्त होती है। अन्य उच्च ताप पर कार्य करनेवाले वैज्ञानिक उपकरणों के हिस्से भी मालिबडेनम के बनाये जाते हैं।

मालिबडेनम का प्रधान उपयोग मेल-इस्पातों के उत्पादन में होता है। द्रुतगति-इस्पात के अतिरिक्त मोटर उद्योग, खनन-यन्त्र, खेती के औजार इत्यादि बनाने में प्रयुक्त इस्पातों में मालिबडेनम की उपस्थिति उनकी शक्ति और तन्यता को बढ़ाती है। अधिक मालिबडेनम वाले इस्पात स्थायी चुम्बक बनाने में प्रयुक्त होते हैं। गुणों और उपयोगों में मालिबडेनम वास्तव में टंग्सटन का साथी है।

क्रोमियम—निष्कलंक इस्पात के बर्तन आज किसी भी गृहिणी की रसोई की शोभा माने जाते हैं। चमक, सफाई करने में सुविधा और जल्दी न मुचने के कारण गत दस वर्षों में ये

क्रोमियम का प्रधान खनिज क्रोमाइट है जो अग्निरोधक पदार्थ की तरह, ईंटों और चूर्ण के रूप में, धातुकीय भट्ठियाँ बनाने के काम में आता है। क्रोमाइट अग्निरोधक तटस्थ स्वभाव के होते हैं और अम्लीय तथा क्षारीय ईंटों को अलग रखने में प्रयुक्त होते हैं। इनकी अनुपस्थिति में क्षारीय और अम्लीय पदार्थों में प्रक्रिया होती है जो अच्छी भट्ठियों के निर्माण में अवांछनीय है। इस्पात-उत्पादन की आधुनिक विवृत तंदूर भट्ठियों का लगभग सम्पूर्ण अस्तर क्रोम मेगनेसाइट ईंटों का बनाया जाता है।

मैंगनीज—आप अपने कपड़ों को साफ करने के लिए साबुन लगाते हैं। अन्त में गन्दगी निकल जाने के बाद साफ कपड़ों में बची साबुन की मात्रा बहुत कम रहती है। ठीक इसी प्रकार इस्पात के उत्पादन में मैंगनीज का स्थान है। अधिक आक्सीजन और गन्धक इस्पात को अस्वच्छ बनाते हैं। इनकी मात्रा कम करने के लिए मैंगनीज का उपयोग किया जाता है। इस्पात की स्वच्छता बढ़ाकर अधिकांश मैंगनीज की मात्रा अलग होकर मल में मिल जाती है।

शायद ही कभी शुद्ध मैंगनीज धातु से आपका साबका पड़ा हो, परन्तु प्रत्येक इस्पात के टुकड़े में मैंगनीज अवश्य रहता है। बहुधा इसकी मात्रा ०·५ प्रतिशत से कम नहीं होती। मैंगनीज के लाभदायक प्रभावों के कारण इसे कील-धातु कहा जाता है। कार्बन के अतिरिक्त मैंगनीज इस्पातों का सर्वाधिक आवश्यक रचक है। कुछ विशेष घर्षण-रोधक इस्पातों में इसकी मात्रा १२ प्रतिशत रहती है। ये इस्पात शिला तोड़ने, खनन करने और रेल की पटरी बदलनेवाले उन भागों में काम में

लाये जाते हैं जहाँ अधिक घर्षण के कारण अन्य धातुमेल टिक नहीं पाते ।

पानी की स्वच्छता को कायम रखने और कृमि-विनाश के लिए एक लाल रंग का रस-द्रव्य सार्वजनिक जलाशयों और अस्पतालों में उपयोग में लाया जाता है । इसे पोटेशियम परमेंगनेट कहते हैं । विशेषतः बीमारियों के फैलाव को रोकने के लिए यह बहुत उपयोगी पाया गया है । यह मैंगनीज का यौगिक है और इसके इस लोग-कल्याणकारी उपयोग से हम सभी इससे सुपरिचित हैं । अन्य रासायनिक उद्योगों में और विशेषतः टार्च में प्रयुक्त सेल के घटक के रूप में मैंगनीज-यौगिकों के उपयोग उल्लेखनीय हैं ।

अलोह धातुओं में, एल्यूमिनियम और मेगनीसियम के धातुमेलों का संक्षयरोधन बढ़ाने के लिए मैंगनीज डाला जाता है । ताम्र धातुमेलों में इस्पात की तरह मैंगनीज धातु की गन्दगी हटाने के लिए प्रयुक्त होता है । इन सब कार्यों में शुद्ध मैंगनीज धातु का उपयोग होता है । इस्पात मैंगनीज प्रमुखतः लोह मेल के रूप में डाला जाता है । सामान्य लोह और अलोह धातुकीय पदार्थों में मैंगनीज सर्वव्यापी कहा जा सकता है, यद्यपि शुद्ध रूप में शायद ही यह कहीं दिखे । कुल उत्पादन का लगभग ६४ प्रतिशत धातुकीय उद्योगों में व्यय होता है । धातु कुटुम्ब में मैंगनीज का स्थान 'जगत चाचा' की तरह है । भारत में मैंगनीज सुखनिजों के विस्तृत निक्षेप हैं और इनके निर्यात-व्यवसाय में इस देश का प्रमुख स्थान है ।

कोबाल्ट—मैंगनीज की तरह शुद्ध कोबाल्ट धातु से भी हमारा अधिक साबका नहीं पड़ता । अनेक तरह के धातुमेलों

में कोबाल्ट एक महत्वपूर्ण घटक रहता है। संभवतः इस धातु का सर्वाधिक महत्वपूर्ण उपयोग 'स्टेलाइट' धातुमेल के उत्पादन में होता है। ये धातुमेल द्रुतगति-यंत्रन में व्यवहारित होते हैं। इनमें लगभग ६० प्रतिशत कोबाल्ट, २५ प्रतिशत क्रोमियम और १५ प्रतिशत टंग्सटन या मालिबडेनम होता है। ब्रेजन द्वारा सामान्य इस्पात पर स्टेलाइट का टिप जोड़ दिया जाता है और यही धातु-कर्तन का कार्य करता है। इसी संगठन के धातुमेल पेट्रोल इंजन के वाल्व बनाने में काम में आते हैं।

कोबाल्ट के लोह और अलोह धातुमेलों का दूसरा महत्वपूर्ण उपयोग शक्तिशाली स्थायी चुम्बकों के निर्माण में होता है। ये चुम्बक अपने भार से साठ गुना अधिक बोझ उठाने की क्षमता रखते हैं। कोबाल्ट, निकेल, ताम्र, एल्यूमिनियम और लोह के ये धातुमेल 'एलनिको' के नाम से प्रसिद्ध हैं।

उच्च तापीय धातुमेलों में कोबाल्ट प्रधान घटक रहता है। जेट इंजनों के पुर्जे, गैसीय टरबाइनों के ब्लेड इत्यादि इन धातुमेलों के बनाये जाते हैं। अपने इन गुणों के कारण कोबाल्ट एक उपयोगी मेलीय सहायक धातु मानी जाती है।

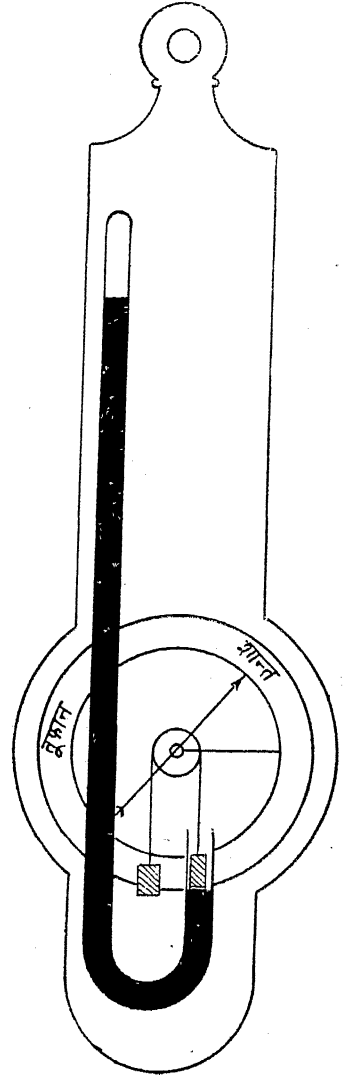
वेनेडियम—संभवतः स्वतन्त्र रूप में अकेली वेनेडियम धातु का कोई उल्लेखनीय औद्योगिक उपयोग नहीं होता। अणु-शक्ति के विकास के साथ अब इस रूप में वेनेडियम का उपयोग बढ़ने की संभावना हो गयी है। वायुयानों के फ्रेम बनाने के लिए वेनेडियम आधारित धातुमेल विकसित किये जा रहे हैं। विश्व-उत्पादन का लगभग ६५ प्रतिशत भाग मेल-इस्पातों के उत्पादन में और शेष ५ प्रतिशत रासायनिक उद्योगों में व्यय होता है। अधातुकीय अशुद्धियों को निकालने के लिए इस्पात

उत्पादन में इसका उपयोग किया जाता है। बहुधा इस्पात में वेनेडियम की मात्रा १ प्रतिशत से कम रहती है, जो इस्पात को तनावों का अधिक अच्छा सामना करने की समार्थ्य देती है। इन इस्पातों के अनेक उपयोग किये जाते हैं, सर्वाधिक महत्वपूर्ण मेल द्रुतगति-इस्पात में वेनेडियम की मात्रा १ प्रतिशत होती है।

वेनेडियम आक्साइड का एक अपेक्षाकृत नया, परन्तु अत्यन्त महत्वपूर्ण उपयोग गंधकाम्ल के उत्पादन में विकसित हुआ है। सम्पर्क-विधि से गंधकाम्ल के उत्पादन में कीमती प्लेटिनम धातु उत्प्रेरक की तरह प्रयुक्त होती है। अब इस विधि से उत्पादित गंधकाम्ल का आधा भाग प्लेटिनम के स्थान में वेनेडियम आक्साइड के उत्प्रेरण से प्राप्त किया जाता है। संभवतः निकट भविष्य में वेनेडियम आक्साइड इस प्रकिया में मूल्यवान प्लेटिनम को बिलकुल हटा दे।

पारद्—सामान्य धातुओं में पारद ही वायु-ताप पर द्रव अवस्था में रहनेवाली अकेली धातु है। ताप नापनेवाले थर्मामीटर और वायु का दबाव बतानेवाले बेरोमीटर बनाने में पारद प्रयुक्त होता है। हम सभी पारद के इन कल्याणकारी उपयोगों से सुपरिचित हैं। बीमारी में पारद के तापमापक के महत्व को कौन नहीं जानता ? हवा का दबाव अनेक वैज्ञानिक गणनाओं में प्रयुक्त होता है। पारद जल की अपेक्षा १३·६ गुना भारी होता है और काँच को गीलित नहीं करता। इन्हीं कारणों के फलस्वरूप उपर्युक्त उपयोगों में पारद लोकप्रिय हुआ है।

रजत की-सी आभा के कारण प्राचीन काल में यह 'चंचल रजत' के नाम से पुकारा जाता रहा है। आप किसी पात्र या

अपनी हथेली में रखे पारद को उसकी चंचलता के कारण चुटकी में नहीं पकड़ सकते। 'आदि धातु' के रूप में निसर्ग में उपलब्ध होने के कारण इससे मनुष्य का परिचय काफी पुराना है। इसके यौगिक सरलता से लघ्वित हो जाते हैं। स्वर्ण, रजत इत्यादि के साथ पारद संरस बना लेता है। प्राचीन काल में और आज भी 'संरसन विधि' सुखनिजों में से स्वर्ण और रजत विजय करने में इसका उपयोग होता है। पारद की पतली तह स्वर्ण के कणों के चारों तरफ आवरण बना लेती है और ये आवरित कण सरलता से एकत्रित

दाब मापी

हो जाते हैं। आसवन द्वारा पारद अलग कर दिया जाता है और स्वर्ण बच रहता है।

पारद ही एक ऐसी महत्वपूर्ण धातु है जिसके व्यय में गत पचास वर्षों में कोई विशेष बढ़ती नहीं हुई। इसका यह अर्थ नहीं कि इसके नये उपयोग नहीं निकले या महत्व कम हो गया। कई पुराने उपयोगों में पारद के स्थान में अन्य वस्तुएँ या विधियाँ प्रयुक्त होने लगीं, जिनके बढ़े हुए नये उपयोगों के लिए धातु सरलता से उपलब्ध है। आज कुल उत्पादन का लगभग एक तिहाई भाग शुद्ध धातु के रूप में और दो तिहाई भाग यौगिकों की तरह उपयोग में आता है।

पारद के विद्युतीय उपयोग महत्वपूर्ण हैं। प्रशीतक और अन्य प्रसाधनों के स्वतःचलित स्विच, दिन का-सा उज्ज्वल प्रकाश करनेवाली प्रकाश नलियाँ, चाप-ऋजुकारी इत्यादि में पारद का उपयोग होता है। युद्ध में पारद एक कील-धातु है। इसका यौगिक पारद फुलमिनेट विस्फोट के प्रारम्भिक रूप में प्रयुक्त होता है। इसके अन्य यौगिकों के भी अनेक महत्वपूर्ण उपयोग होते हैं।

कैडमियम—निसर्ग में यह धातु जस्त के साथ मिलती है। जस्त धातु के उत्पादन में कैडमियम उपफल की तरह प्राप्त होता है। कुछ वर्षों पूर्व तक इसका कोई विशेष उपयोग ज्ञात नहीं था। आधुनिक समय में इसके उपयोगी गुणों का पता लगने से माँग बहुत बढ़ गयी है।

विद्युत-रंजन द्वारा इस्पात अथवा अन्य धातुओं पर चढ़ी कैडमियम की परत निकेल की तुलना में अधिक टिकाऊ होती है। नट, बोल्ट, ताले इत्यादि छोटे-छोटे पुर्जे कैडमियम-रंजित

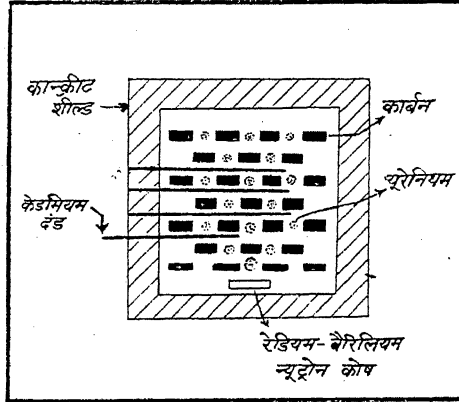
किये जाते हैं। इस उपयोग में कैडमियम का उपयोग अधिक लोकप्रिय हो रहा है। यह संक्षय-रोधन के साथ-साथ चमक भी निखरा देती है और जल्दी छिलती नहीं है।

कैडमियम आधारित बियरिंग धातुमेल उच्च दबाव और ताप पर बैबिट धातुमेलों की तुलना में अधिक सफल पाये गये हैं। कैडमियम निकेल और कैडमियम रजत के बियरिंग धातुमेल जिनमें लगभग ९८ प्रतिशत कैडमियम रहता है, मोटर उद्योग में व्यवहारित होते हैं। बिसमथ, सीस और वंग के साथ कैडमियम के धातुमेल गलनीय होते हैं, जो विद्युत्-संगलक, स्वयं आग बुझानेवाली दमकलों के प्लग इत्यादि बनाने के काम में आते हैं।

ताम्र के विद्युत्-चालक तारों की शक्ति बढ़ाने के लिए कैडमियम का उपयोग विशेष उल्लेखनीय है। हम पहले लिख चुके हैं कि विद्युत्-संचलन के लिए शुद्ध ताम्र उपयोग में आता है। अल्प मात्रा में भी अशुद्धियों की उपस्थिति विद्युत्-चालकता को बहुत घटा देती है। कैडमियम धातु इसमें अपवाद है। ताम्र में लगभग १ प्रतिशत कैडमियम मेलित करने पर विद्युत्-चालकता में केवल १० प्रतिशत कमी होती है, परन्तु शक्ति कई गुना बढ़ जाती है। कैडमियम ताम्र के तार ऊपरी चालक बनाने में प्रयुक्त होते हैं शुद्ध ताम्र के तार इतनी ऊँचाई पर अपने भार और वायु इत्यादि के दबाव से टूटकर गिर जाते हैं।

अणु-शक्ति के नियन्त्रण में कैडमियम छड़ें उपयोग में आती हैं। परमाणवीय भट्टी में न्यूट्रान की गोलियाँ यूरेनियम के परमाणुओं को विखंडित करती हैं। कैडमियम धातु में इन न्यूट्रानों को अवशोषित करने की शक्ति रहती है। अतः जब विखंडन

क्रिया को मन्द या बन्द करना हो, कैडमियम छड़ों को बीच में कर दिया जाता है। नीचे चित्र में परमाणत्रीय भट्ठी का खंड दिखाया गया है। संभवत: आगे होनेवाले उपयोगों में यह सर्वाधिक सक्षम है।

एंटीमनी—जस्त की तरह दिखनेवाली यह धातु इतनी कठोर और भंजनशील होती है कि इसे हथौड़े से चूर्णित किया जा सकता है। इस कारण एण्टीमनी का स्वतन्त्र रूप में कोई उल्लेखनीय उपयोग नहीं होता। कुल उत्पादन का तीन-चौथाई भाग विभिन्न सीस मेलों की कठोरता और दृढ़ता बढ़ाने में व्यवहारित होता है। ४ से १२ प्रतिशत एण्टीमनीवाले कठोर सीस-मेल संचय-बैटरी, गंधकाम्ल उद्योगों में प्रयुक्त नलियों और चद्दर के रूप में उपयोगित होते हैं। इन धातुमेलों का गंधकाम्ल के विरुद्ध संक्षयरोध बहुत अच्छा होता है।

सीस के साथ एण्टीमनी का दूसरा महत्वपूर्ण उपयोग टाइप धातुमेल बनाने में होता है। इनमें एण्टीमनी की उपस्थिति सीस की कठोरता और गलनीयता में परिवृद्धि करती है। इन धातु-मेलों के अक्षर ठोस होने पर थोड़े प्रसारित हो जाते हैं। यह गुण प्रमुखत: एण्टीमनी की देन है। इस कारण कोई भी चिन्ह सुस्पष्ट बन पाते हैं। बियरिंग धातुमेलों में भी एण्टीमनी एक

उल्लेखनीय घटक रहता है। यह आश्चर्य की बात है कि अशक्त धातु सीस और भंजनशील धातु एण्टीमनी के धातुमेलों ने ज्ञान के प्रसार और सभ्यता के विकास को शक्तिशाली और व्यापक बनाने में अद्वितीय योग दिया है। धातु जगत् में एण्टीमनी 'तारा धातु' के नाम से विख्यात है।

जिरकोनियम—गत दस वर्षों में अणुशक्ति के विकास के लिए इस धातु का महत्व बहुत बढ़ गया है। साधारण और उच्च ताप पर उत्तम संक्षय-रोध, तन्यता, शक्ति और तापीय न्यूट्रानों की कम अवशोषण-क्षमता के कारण भविष्य में बननेवाले परमाणवीय शक्तिघरों, पनडुब्बियों इत्यादि के लिए यह आवश्यक धातु बन गयी है। परमाणवीय रीएक्टर में यूरेनियम के अतिरिक्त यह दूसरी महत्वपूर्ण धातु है।

धातु के उपयोगी गुणों के कारण जिरकोनियम के उत्पादन के लिए सतत गवेषणा की जा रही है जिससे शुद्ध धातु कम मूल्य पर उपलब्ध हो सके। इसकी उत्पादन-विधियों और टाइटेनियम धातु की उत्पादन-विधियों में बहुत समानता है। अभी शुद्ध धातु विपुल मात्रा में उपलब्ध नहीं है, पर मात्रा-उत्पादन के साथ इस धातु और धातुमेलों के रासायनिक उद्योगों में अनेक उपयोग सुनिश्चित हैं। मैगनीसियम के साथ इसके धातुमेलों की चर्चा हम पहले कर चुके हैं।

५. बहुमूल्य धातुएँ

स्वर्ण—सभ्यता के आदिकाल से ही स्वर्ण धातुओं का राजा माना जाता है। जिन धातुओं से मानव-समाज का परिचय पहले हुआ उनमें यह भी एक है। अपनी लुभावनी चमक और स्वर्णिम आभा के कारण बहुमूल्य आभूषणों के गढ़न में सदैव ही यह मनुष्य को प्रिय रहा है। यह एक दुर्लभ धातु है और निष्कलंकता, चमक, सुन्दरता, भारस्थिरता और अन्य भौतिक गुणों के कारण इतिहास के आरम्भ से ही सम्पत्ति और समृद्धि का मापदण्ड माना जाता रहा है। इसके नये जमावों का पता लगाने के लिए अनेक बार हजारों मनुष्यों की टोलियाँ एक महाद्वीप से दूसरे महाद्वीप और एक स्थान से दूसरे स्थान तक भटकती फिरी हैं। इतिहास में यह 'स्वर्ण-दौड़ के नाम से विख्यात है

कुछ शताब्दी पहले तक लोगों का विश्वास था कि पारस पत्थर के सम्पर्क में लाकर लोह और अन्य सस्ती धातुओं को सोने में परिवर्तित किया जा सकता है। इस पत्थर की खोज में और इसके बनाने में जो प्रयत्न और प्रयोग किये गये उनके फलस्वरूप अनेक महत्वपूर्ण वैज्ञानिक तथ्यों पर अच्छा प्रकाश पड़ा है। विज्ञान के विधिवत विकास की नींव सम्भवतः अपनी प्रिय धातु स्वर्ण बनाने की धुन और इसके नये जमावों का पता

लगाकर धनिक हो जाने की महत्त्वाकांक्षा के कारण ही पड़ी है।

शुद्ध स्वर्ण बहुत नरम होता है, इस कारण बहुधा रजत, ताम्र, निकेल, जस्त इत्यादि के साथ धातुमेल बनाकर ही इसका उपयोग होता है। यह सबसे अधिक घनवर्धनीय धातु है। इसके इतने पतले वरक पीटे जा सकते हैं कि एक इंच मोटी गड्डी में दो लाख वरक रखे जा सकते हैं। एक तोले सोने से बीस मील लम्बा तार खींचा जा सकता है।

निष्कलंक चमक और उपर्युक्त गुणों के कारण ही सोना चित्ताकर्षक वस्त्राभूषणों के गढ़ने में प्रयुक्त होता है। अधिक दिनों तक उपयोग करने पर भी इसकी चमक और आभा में तथा वजन में कोई अन्तर नहीं आता। इसलिए मुद्रा के रूप में सर्वत्र इसका व्यवहार होता रहा है। अधिकांश रासायनिकों और अम्लों से अप्रभावित रहने के कारण रासायनिक पात्रों के गढ़न में इसका उपयोग होता है। यह १०६३ से० पर द्रवित हो जाता है और उपयोगी आकारों में ढाला जा सकता है। पीटकर, बेलकर और अन्य यांत्रिक क्रियाओं द्वारा भी इसके वांछनीय आकार बनाये जा सकते हैं।

निसर्ग में यह धातु अधिकांशतः स्वतन्त्र रूप में मिलती है। टेल्यूरियम, सेलेनियम और गंधक के साथ यौगिकों और मिश्रण के रूप में भी इसके जमाव पाये जाते हैं। अधिकांश सोने का उत्पादन आदि धातु जमावों से ही होता है जिनमें यह रजत और ताम्र के साथ पाया जाता है। कभी-कभी ९९·८ प्रतिशत शुद्ध सोने के डले भी आदि धातु के रूप में पाये गये हैं।

प्रकृति में सोने के कण स्फटिक चट्टानों में वितरित रहते

हैं। इन चट्टानों को तोड़कर चूर्ण करने से सोने के कण स्वतन्त्र हो जाते हैं। कई स्थानों में सोने के कण नदियों की रेत में एकत्रित पाये जाते हैं। इस प्रकार के जमावों का आदि स्रोत भी स्वर्णयुक्त स्फटिक चट्टानें ही हैं। प्राकृतिक विध्वंसकों की निरन्तर क्रिया के फलस्वरूप ये चट्टानें स्वाभाविक रूप से ही चूर्ण हो जाती हैं और स्वर्ण के कण अलग निकल आते हैं। स्फटिक और अन्य चट्टानों की तुलना में इसका घनत्व लगभग छः गुना अधिक होता है। इस कारण पानी की धाराओं के वेग में मिट्टी और चट्टानों के कण दूर तक बह जाते हैं और स्वर्ण के कण भारी होने के कारण उपयुक्त स्थान में, जहाँ पानी के बहाव का वेग कम हो जाता है एकत्र हो जाते हैं। इस प्रकार अवसादित जमाव बन जाते हैं। इन जमावों में अत्यन्त बारीक कणों से लेकर लगभग ढाई मन वजन तक के टुकड़े पाये गये हैं। विश्व के कुल स्वर्ण-उत्पादन का लगभग २० प्रतिशत इस प्रकार के जमावों से आता है।

रजत, सीस, ताम्र, निकेल इत्यादि धातुओं के खनिजों के साथ भी स्वर्ण पाया जाता है और इन धातुओं की शुद्धीकरण क्रिया में बचे घोलों से इसकी प्राप्ति होती है।

मैसूर में कोल्हार क्षेत्र के जमाव भारत में सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण हैं और भारतीय उत्पादन का लगभग ९९ प्रतिशत सोना इसी क्षेत्र की खानों से निकाला जाता है। ये खानें दुनिया में सबसे अधिक गहरी हैं और कई भागों में इस समय दो मील से भी अधिक गहराई पर खनन-कार्य चल रहा है।

कोल्हार स्वर्ण-क्षेत्र से हमारे पूर्वज सोना निकालते थे, इसके प्रमाण मिले हैं। उनकी विधि सरल और सस्ती थी।

स्फटिक टुकड़ों का ढेर बनाकर और ईंधन जलाकर खूब गरम किया जाता था और फिर उन पर ठंडा पानी डाला जाता था। ताप के एकाएक कम हो जाने के कारण स्फटिक चूर्ण हो जाता था और सोने के बड़े-बड़े कण अलग हो जाते थे। इन कणों को लोहे के तसलों में निथारकर एकत्रित किया जाता था। ऐसा अनुमान किया जाता है कि जब खानों की गहराई अधिक हो गयी तब खनन कार्य बन्द कर दिया गया।

स्वर्ण की प्राप्ति बहुत व्यय-साध्य है। इस दुष्प्राप्य धातु की मात्रा स्फटिक चट्टान में यदि एक टन में एक तोला हो तो विपुल समझी जाती है। इस कम मात्रा को प्राप्त करने में अनेक कठिन प्रक्रियाओं का समावेश होता है, कठोर होने के कारण स्फटिक चट्टानों को तोड़कर चूर्ण बनाने में विशेष उपकरणों की आवश्यकता होती है, स्वर्ण के विलयन और अवक्षेपन की क्रियाओं में बहुत दक्षता और सावधानी रखनी पड़ती है। इसी कारण स्वर्ण की कीमत बहुत अधिक है।

इस धातु का सबसे अधिक उत्पादन दक्षिण अफ्रिका की खानों में होता है, जहाँ से लगभग ४० प्रतिशत सोना आता है। इसके बाद क्रमशः रूस, कैनेडा, संयुक्तराष्ट्र अमेरिका, आस्ट्रेलिया और मैक्सिको का स्थान है। इस समय स्वर्ण का वार्षिक उत्पादन लगभग १० करोड़ तोला है जिसका लगभग १·२ प्रतिशत भारत में होता है।

ऐसा अनुमान किया जाता है कि स्वर्ण की कुल मात्रा का आधे से अधिक भाग केवल संयुक्तराष्ट्र अमेरिका के पास है। अतः विश्व के मुद्रा-संचालन में उस राष्ट्र का सर्वोपरि प्रभाव होना स्पष्ट है।

नरम होने के कारण स्वर्ण का उपयोग अधिकतर रजत, ताम्र, निकेल और जस्त के साथ धातुमेल बनाकर किया जाता है और धातुमेल में स्वर्ण की मात्रा दर्शाने के लिए 'केरट' का उपयोग किया जाता है। इस मापदण्ड पर २४ केरट शुद्ध स्वर्ण होता है। स्वर्ण की शुद्धि व्यक्त करने लिए टंच का भी उपयोग होता है। अतः ६० टंच स्वर्ण ६० प्रतिशत शुद्ध रहता है।

धातुमेल बनाने में जिस धातु का उपयोग किया गया है उसी के अनुसार स्वर्ण की चमक परिवर्धित हो जाती है। स्वर्ण, ताम्र और रजत के धातुमेल क्रमशः कुछ लालिमा और सफेदी लिये रहते हैं। रजत और ताम्र की मात्रा में परिवर्तन कर विभिन्न प्रकार की आभा लायी जा सकती है। आभूषणों में कलात्मक चमक और प्रभाव लाने के लिए अलग-अलग रंगवाले स्वर्ण के धातुमेल प्रयुक्त होते हैं। प्लेटिनम के स्थान में स्वर्ण के सफेद धातुमेलों का उपयोग होता है।

स्वर्ण अपनी निष्कलंकता और स्वर्णिम चमक के कारण लोकप्रिय, किन्तु कीमती होने के कारण सर्वसाधारण की पहुँच के बाहर है। इसलिए इससे मिलते-जुलते नकली पदार्थ भी निकल आये हैं। इनमें से एक श्रेणी के पदार्थों में स्वर्ण की कुछ मात्रा होती है। इस प्रकार में 'रोल्ड गोल्ड' और स्वर्ण का पानी चढ़े पदार्थ प्रमुख हैं। कम कीमती धातु के सब तरफ स्वर्ण की पतली परत जोड़ दी जाती है और उसे बेल दिया जाता है। इस प्रकार बनायी चद्दरों और तार में उपरी भाग स्वर्ण का होता है जिसकी मुटाई कभी-कभी १/१००० इंच से भी कम होती है। इसे 'रोल्ड गोल्ड' कहते हैं। चश्मों के फ्रेम,

घड़ियाँ और सस्ते आभूषण बनाने में इसका उपयोग होता है।

दूसरी प्रकार के पदार्थ पूरे नकली रहते हैं जिनमें स्वर्ण बिलकुल नहीं रहता। १० भाग एल्यूमिनियम और ९० भाग ताम्र गलाकर जो धातुमेल बनता है उसकी आभा भी स्वर्णिम होती है। इसी प्रकार के ताम्र और जस्त के धातुमेल भी बनाये गये हैं जो कि 'नकली सोना' के नाम से प्रसिद्ध हैं।

मुद्रा के रूप में स्वर्ण का उपयोग सर्वत्र होता है। बहुमूल्य आभूषणों के गढ़न में और सुनहली जरी बनाने में भी इसका व्यवहार किया जाता है। जरी स्वर्ण के बारीक तार और रेशमी धागों से बनती है। फाउण्टेन पेन के निब, चश्मों के फ्रेम, घड़ियाँ और अन्य आकर्षक वस्तुओं के निर्माण में स्वर्ण का उपयोग सर्वविदित है। रसायन और भेषज निर्माण में भी स्वर्ण के यौगिक प्रयुक्त होते हैं।

सुनहरे रंगवाले चीनी मिट्टी के बर्तन

औद्योगिकक्षेत्र में भी स्वर्ण के उपयोग कममहत्त्वपूर्ण नहीं हैं। टेलीफोन और नकली रेशम उद्योगों में इसका व्यवहार विशेष उल्लेखनीय है। चीनी मिट्टी और काँच की वस्तुओं पर

सुनहला रंग देने के लिए द्रव स्वर्ण का उपयोग होता है। स्वर्ण-चूर्ण भी सजावट के काम में आता है।

स्वर्ण की चमक से आकर्षित हो आदि-मनुष्य ने भले ही उसे केवल कौतूहलवश उठा लिया हो, परन्तु बाद की शताब्दियों में स्वर्ण बनाने और खोजने के प्रयत्नों से ही विज्ञान और सभ्यता की प्रगति हो सकी है।

रजत—वर्तमान युग में चलचित्र, सिनेमा और अन्य प्रकार के फोटोग्राफ जनसाधारण के मनोरंजन, शिक्षण और कला की अभिव्यक्ति के प्रमुख साधन हैं। हमारे दैनिक जीवन में सिनेमा-चित्रों ने एक अपूर्व स्थान बना लिया है। सर्वोत्तम कलाकारों के अभिनय, नृत्य और गायन का आनन्द आज सर्वसाधारण के लिए सिनेमा के कारण सुलभ और सम्भव हो सका है। फोटोग्राफी की सहायता से विशेष अवसरों, व्यक्तियों, दृश्यों, प्रियजनों की एक स्थायी स्मृति सरलतापूर्वक सँजोकर रखी जा सकती है। फोटोग्राफी और सिनेमा के आविष्कार के फलस्वरूप आधुनिक शिक्षा-पद्धति में आमूल परिवर्तन हो गये हैं तथा गवेषणा और कला के प्रचार और प्रसार को अभूतपूर्व प्रोत्साहन मिला है। समाचार-पत्रों, पुस्तकों इत्यादि में चित्र और फोटोग्राफों से हम इतने अभ्यस्त हो गये हैं कि उनके अस्तित्व की विशेषता हमारे ध्यान से ओझल हो जाती है। फोटोग्राफी और चित्रों के प्रादुर्भाव के पूर्व की नीरसता की कल्पना करना कठिन है।

यह सब आश्चर्यजनक प्रगति रजत-यौगिकों पर प्रकाश के प्रभावों के कारण सफल हो सकी है। रजत ब्रोमाइडवाली फिल्म या प्लेट पर प्रकाश पड़ते ही कुछ अदृश्य परिवर्तन हो

जाते हैं। विकसित करने पर प्रकाश से प्रभावित स्थानों में रजत लघ्वित हो जाती है। रजत के लघ्वन की मात्रा प्रकाश की तीव्रता पर अवलम्बित रहती है। विकसन के बाद स्थापन आवश्यक होता है। हाइपो विलयन में डालने पर अप्रभावित रजत ब्रोमाइड विलयित हो जाता है और केवल लघ्वित रजत बच रहती है। इस प्रकार फोटोग्राफी के नेगेटिव तैयार किये जाते हैं। इनमें प्रकाशयुक्त भाग काले और अपेक्षाकृत कम चमक-

नेगेटिव

पाज़ीटिव

दार भाग सफेद और हल्के आते हैं। इन नेगेटिवों की सहायता से छापकर पाज़ीटिव तैयार किये जाते हैं जो सुपरिचित फोटोग्राफों के रूप में हमारे सामने आते हैं। फोटोग्राफी के क्षेत्र में इन रजत यौगिकों का आधाररूप स्थान है। सिनेमा और अन्य चित्रों के उत्पादन में लाखों फुट फिल्म प्रतिवर्ष उपयोगित होती है। यह सब रजत यौगिकों की अद्वितीय देन है।

रजत या चाँदी से मनुष्य का परिचय बहुत पुराना है। स्वर्ण यदि 'धातुओं का राजा' माना जाता था तो निश्चय ही रजत को 'धातुओं की रानी' का स्थान प्राप्त था। पुराने कई युगों तक अरब और जर्मनी में रजत का मूल्य स्वर्ण से अधिक

था; और आधुनिक समय में लगभग सत्रहवीं शताब्दी तक जापान में स्वर्ण और रजत का सम-मूल्य था। वर्तमान काल में रजत का उत्पादन बढ़ जाने के कारण उसके मूल्य में बहुत कमी आ गयी है। लगभग ५०० वर्ष पहले स्वर्ण रजत की अपेक्षा दस गुना मूल्यवान था, १०० वर्ष पहले सोलह गुना मूल्यवान था, ५० वर्ष पहले तीस गुना मूल्यवान था और इस युग में लगभग सौ गुना मूल्यवान है। इस प्रकार उत्पादन की बढ़ती के साथ-साथ स्वर्ण और रजत के मूल्य में अधिकाधिक अन्तर होता गया। स्वर्ण और रजत ये दोनों धातुएँ समृद्धि और सम्पन्नता की सूचक मानी जाती रही हैं।

विश्व के कुल रजत-उत्पादन का तीन चौथाई से अधिक सीस, ताम्र, जस्त, स्वर्ण, वंग और निकेल धातुओं के उत्पादन में उपफल की तरह प्राप्त होता है। इन सभी धातुओं की अधिकाधिक माँग और उत्पादन बढ़ जाने के साथ-साथ रजत का उत्पादन भी बढ़ गया है और उसके मूल्य में बहुत कमी आ गयी है।

स्वर्ण के समान इतिहास में रजत-दौड़ नहीं हुई। परन्तु स्वर्ण की खोज में गये स्पेनवासियों ने मेक्सिको और पेरु देशों में अत्यधिक सम्पन्न रजत निक्षेपों का पता लगाया। लगभग शुद्ध रजत के एक टन से भी अधिक भार के डले पाये गये हैं। इन खानों से निकली चाँदी जहाजों में भरकर बराबर लायी जाती रही जिसके कारण सारे यूरोप में इसकी धूम मच गयी। उसी समय से रजत-उत्पादक देशों में मेक्सिको प्रमुख है। कुल विश्व-उत्पादन का ३५ प्रतिशत मेक्सिको, २५ प्रतिशत संयुक्त राष्ट्र अमेरिका और २० प्रतिशत मध्य और दक्षिण अमेरिका से प्राप्त

होता है। अन्य उत्पादकों में कनेडा, पेरु और आस्ट्रेलिया प्रमुख हैं। भारत में रजत जावर (राजस्थान) में सीस, जस्त सुखनिजों के साथ पायी जाती है। विश्व का कुल वार्षिक रजत-उत्पादन लगभग २५ करोड़ औंस है जिसमें से भारत का उत्पादन १ लाख औंस है।

सुन्दर रुपहली चमक और आभा के कारण रजत सदैव बहुमूल्य मानी जाती रही है। पुराने भग्नावशेषों, स्मारकों और समाधियों में रजत के कलापूर्ण आभूषण और बर्तन इत्यादि पाये जाते हैं। अधिकांश संक्षायकों से अप्रभावित रहने के कारण भोजन सम्बन्धी उपकरणों में रजत का उपयोग बहुलता से होता रहा है। गंधकीय पदार्थों के सम्पर्क में आने से रजत में कालिख आ जाती है, अन्यथा उसकी आभा अमन्द रहती है।

रजत मृदु, तन्य और घनवर्धनीय धातु है जो लगभग सभी सामान्य यान्त्रिक क्रियाओं द्वारा आकारित की जा सकती है। रजत की ढलाई करते समय आक्सीजन सोखन की प्रवृत्ति को रोकने के लिए विशेष सावधानी रखनी पड़ती है। यह विद्युत् और ताप की सर्वोत्तम संचालक धातु है। एक ग्राम रजत धातु से एक मील लम्बा तार खींचा जा सकता है और इसके इतने पतले वर्क पीटे जा सकते हैं कि एक इंच मोटी गड्डी में चार हजार वर्क आ सकते हैं।

मुद्राओं के रूप में रजत का प्रमुख उपयोग होता रहा है। यद्यपि वर्तमान भारतीय मुद्राओं में रजत की मात्रा बिलकुल नहीं है, परन्तु विश्व के अनेक देशों में अभी भी रजत मुद्राओं का प्रचलन है। स्वर्ण की तरह रजत का भी आधे से अधिक संचय केवल संयुक्तराष्ट्र अमेरिका के पास है। भारत

में आज भी पुराने रुपये उनकी रजत की मात्रा के कारण संगृहित किये जाते हैं और अधिक मूल्य पर बिकते हैं । मुद्राओं के अतिरिक्त आभूषणों के गढ़न में, स्वतंत्र रूप में और स्वर्ण तथा ताम्र के साथ धातुमेलों के रूप में रजत का उपयोग होता रहा है ।

उत्तम संक्षय-रोधन के कारण विशेषतः भोज्य पदार्थ-उद्योगों में रजत का उपयोग होता है । अधिक कीमती होने के कारण ताम्र की चद्दरों पर रजत की परतें चढ़ाकर उन्हें अधिक आकर्षक और संक्षयरोधक बनाया जाता है । शेफील्ड से आने-वाले लोकप्रिय चम्मच, छुरी, काँटे इत्यादि इसी प्रकार बनाये जाते थे । विद्युत की सहायता से रजत का पानी चढ़ाना एक सुस्थापित विधि हो गयी है ।

सर्वोत्तम विद्युतीय संचलन के कारण रजत का विद्युतीय उद्योगों के लिए बहुत महत्व है । सन् १९४२ में संयुक्तराष्ट्र अमेरिका में ३४००० टन से अधिक रजत विद्युतीय उपकरणों में काम में लायी गयी । जहाँ भी कम विद्युतीय अवरोध अपेक्षित है, रजत का उपयोग किया जाता है । अनेक प्रकार के विद्युतीय उपकरणों की सफलता रजत के सर्वोत्तम विद्युतीय संचलन का कारण है ।

शुद्ध स्वर्ण की तरह शुद्ध रजत भी अत्यन्त मृदु होती है और इस कारण मुद्राओं और आभूषणों के गढ़न में ताम्र के साथ मेलित कर इसे कठोर बनाया जाता है । इस प्रकार मेलित करने से रजत का द्रवणांक कम हो जाता है, ठोसन में छिद्रित होने की प्रवृत्ति कम हो जाती है, कठोरता बढ़ जाती है, परन्तु रुपहले रंग और आभा में विशेष अन्तर नहीं आता । ७·५

प्रतिशत ताम्र और शेष रजतवाले धातुमेल 'स्टर्लिङ्ग रजत' के नाम से लोकप्रिय हैं।

दर्पण बनाने में रजत नाइट्रेट का उपयोग होता है। रजत नाइट्रेट के अमोनियक विलयन पर सोडियम पोटेसियम टारट्रेट की प्रक्रिया कर रजत धातु की पतली परत काँच पर जमा दी जाती है। रजत को सुरक्षित रखने के लिए वार्निश और रेड लेड पेण्ट भी लगा दिया जाता है।

कुल विश्व उत्पादन का एक चौथाई भाग कलात्मक वस्तुओं के निर्माण में व्यय होता है। अनेक रसायनों का रजत पर कोई कुप्रभाव नहीं पड़ता, परन्तु गंधक के सम्पर्क में आने से रजत पर कालिख आ जाती है।

ब्रेजन धातुमेलों के रूप में रजत का उपयोग महत्वपूर्ण है। रजत, ताम्र, जस्त और केडमियम के इन धातुमेलों का द्रवणांक कम होता है और अधिक शक्ति, तन्यता और प्रवाह होने के कारण पीतल इत्यादि जोड़ने में व्यवहारित होते हैं। इन धातुमेलों के जोड़ कम समय और कम खर्च में बन जाते हैं और उनकी सफाई और समाप्ति करने में सरलता रहती है।

फोटोग्राफी और चलचित्रों के उत्पादन के लिए रजत यौगिकों का अद्वितीय स्थान है। रजत ब्रोमाइड चूर्ण का जिलेटिन में विलयन बनाकर काँच पर या फिल्म पर एक पतली परत चढ़ा दी जाती है। इसी पर प्रकाश का प्रभाव डालकर नेगेटिव तैयार किये जाते हैं, और इनकी सहायता से फिर रजत ब्रोमाइड-वाले कागज पर पाज़ीटिव तैयार किये जाते हैं। मनोरंजन, शिक्षा-प्रसार और कला की अभिव्यक्ति की आधार धातु के रूप में रजत वास्तव में धातु जगत् की रानी है।

प्लेटिनम और प्लेटिनम-कुटुम्ब—स्वर्ण से लगभग दुगुनी मूल्यवाली इस शुभ्र धातु प्लेटिनम से जनसाधारण की अपेक्षा वैज्ञानिक अधिक सुपरिचित हैं। लगभग चालीस वर्ष पहले इसका मूल्य स्वर्ण से छह गुना अधिक था। यह प्लेटिनम-कुटुम्ब की प्रमुख धातु है जिसमें पेलेडियम, आसमियम, इरीडियम, रुथेनियम और रेडियम शामिल हैं। ये छह धातुएँ बहुधा निसर्ग में साथ-साथ पायी जाती हैं। उच्च द्रवणांक, उष्म सहता, आक्सीकरण-अवरोध और अम्लों में अघुलनशीलता के कारण रासायनिक, विद्युतीय और धातुकीय उद्योगों में इन धातुओं, विशेषत: प्लेटिनम के अनेक उपयोग होते हैं। फाउण्टेनपेन की निबों के टिप इरीडियम और आसमियम के धातुमेलों के बनाये जाते हैं। कठोर और संक्षय-रोधक होने के कारण लिखते-लिखते निब मोटी नहीं होती। आसमियम सब धातुओं में सर्वाधिक भारी धातु है। रोडियम और प्लेटिनम के ताप-युग्म उच्च ताप-मापकों में उपयोगित होते हैं। उत्तम प्रकाशीय परावर्तन के कारण सर्चलाइटों के परावर्तकों पर रोडियम रंजन किया जाता है। पेलेडियम धातु अपेक्षाकृत सस्ती होने के कारण प्लेटिनम के स्थान में काम में आने लगी है। इसका प्रधान उपयोग विद्युतीय उपकरणों और नकली दाँत लगाने की पिन, प्लेट इत्यादि बनाने के लिए प्रयुक्त दन्तीय मेलों में होता है।

आभूषणों में हीरे जड़ने के लिए प्लेटिनम का उपयोग किया जाता है। इसकी शुभ्र धातुकीय आभा से हीरे की चमक बहुत बढ़ जाती है। उच्च द्रवणांक तथा अत्युत्तम संक्षय-अवरोध के कारण विद्युतीय प्रसाधन जैसे टेलीफोन, टेलीग्राफ

के सम्पर्क विन्दु प्लेटिनम और इसके धातुमेलों के बनाये जाते हैं। प्रतिरोधन तापमापक बनाने और विद्युतीय भट्ठियों के गढ़न में लपेटन तार के रूप में भी प्लेटिनम का उपयोग होता है। द्रव इस्पात का ताप-मापन प्लेटिनम और प्लेटिनम रोडियम ताप-युग्मों से किया जाता है। टंग्सटन के साथ प्लेटिनम के धातुमेल वायुयानों के स्फुलिंग प्लगों के टिप बनाने में व्यवहारित होते हैं।

प्लेटिनम ही एक ऐसी धातु है जिस पर द्रव काँच की कोई प्रक्रिया नहीं होती और लगभग १४०० डिगरी से० पर भी उसके बने पात्रों में पर्याप्त दृढ़ता और शक्ति रहती है। इन गुणों के कारण प्रकाशीय काँच के उत्पादन में, जहाँ अल्प मात्रा में भी घुलनशील आक्साइडों से दूषण वांछित नहीं है, प्लेटिनम घरियों का उपयोग किया जाता है। प्रयोगशाला में घरिया, कटोरी, विद्युदग्र इत्यादि बनाने में प्लेटिनम का व्यवहार होता है। इनकी सहायता से अनेक कार्य सुविधा और सही तरीके से सम्भव हो सके हैं।

रासायनिक उद्योगों में गंधकाम्ल सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण रस-द्रव्य है। इसके अनेक और विविध उपयोग किये जाते हैं। गंधकाम्ल का उत्पादन 'सम्पर्क विधि' या 'कक्ष विधि' से किया जाता है। इन विधियों में प्लेटिनम उत्प्रेरक की तरह व्यवहारित होता है। दन्तीय धातुमेलों के उत्पादन में भी प्लेटिनम के महत्त्वपूर्ण उपयोग होते हैं।

यह उल्लेखनीय है कि प्लेटिनम के सभी उपयोग विशिष्ट कार्यों तक ही परिमित हैं, परन्तु सभी अत्यन्त आवश्यक हैं। धातु के उच्च द्रवणांक के कारण, इसके विशेष महत्त्व और

गुणों की जानकारी वर्तमान समय में ही बढ़ी है। यही बात इस कुटुम्ब की अन्य धातुओं के विषय में भी सही है। ऊपर लिखे और अन्य अनेकों विशिष्ट उपयोगों के लिए प्लेटिनम-धातु-कुटुम्ब बेजोड़ है।

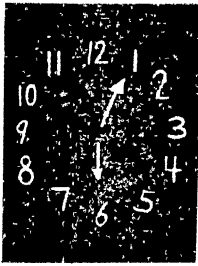
६. विरल धातुएँ

इस वर्ग में अनेक धातुएँ हैं। लगभग ९९ प्रतिशत कार्यों में कुछ गिनी-चुनी धातुओं का ही व्यवहार होता है—इन्हें सामान्य धातुएँ कहा गया है। शेष एक प्रतिशत कार्यों में पचास से भी अधिक भिन्न धातुओं का व्यवहार होता है। इन्हें संयुक्त रूप से विरल धातुओं या असामान्य धातुओं के नाम से पुकारा जाता है। इस कुटुम्ब की कुछ धातुएँ तो सचमुच विरल हैं, परन्तु अधिकांश धातुएँ उनसे सम्बन्धित साहित्य की कमी के कारण विरल मानी जाती हैं। पृथ्वी की पपड़ी में कुछ धातुओं के यौगिक विपुलता से वितरित हैं, परन्तु तत्सम्बन्धी कठिन और जटिल धातुकी के कारण उन्हें दुर्लभ माना जाता है। रुपहली टाइटेनियम इसका सुपरिचित उदाहरण है। ताम्र, सीस, जस्त, वंग इन सबकी अपेक्षा टाइटेनियम कई गुनी अधिक विपुल है। किन्तु कठिन धातुकी के कारण यह धातु दुर्लभ थी। धातु वैज्ञानिक प्रगति के फलस्वरूप यह एक महत्वपूर्ण औद्योगिक धातु बनने की क्षमता रखती है। टाइटेनियम को अब कोई विरल नहीं मानता। ठीक इसी प्रकार जब अन्य धातुओं और उनसे सम्बन्धित साहित्य से हमारा परिचय बढ़ जायेगा, तब अधिकांश धातुओं पर से विरलपन का आवरण भी हटता जायेगा।

अनेक असाधारण उपयोगों और बहुमुखी गुणों के कारण

विरल धातुएँ अधिकाधिक महत्वपूर्ण होती जा रही हैं। मानव-समाज के सुख और समृद्धि की अभिवृद्धि और औद्योगिक विकास में असामान्य धातुओं का क्या महत्त्व और स्थान है इस पर हम यहाँ चर्चा करेंगे।

यूरेनियम—अणु-बम से सम्बन्धित होने के कारण यूरेनियम धातु का स्मरण करते ही भय और विनाश की कल्पना होने लगती है। किन्तु इसमें इस धातु का या उससे उत्पादित अपार शक्ति का क्या दोष है। उस शक्ति को विनाशोन्मुख करने का दोष तो स्वयं मनुष्य का ही है। यूरेनियम के शान्तिकालीन उपयोगों की सम्भावनाएँ बहुत उज्ज्वल हैं। भविष्य में जब कोयले और खनिज तेल के भंडार समाप्त हो जायेंगे, तब यह ईंधन की तरह प्रयुक्त होगी। इस दिशा में अनेक देशों में गवेषणा हो रही है और काफी सफलता भी मिली है।

रेडियम—इसके विलगन और शोधन में फ्रान्स की मैडम क्यूरी ने अथक अध्यवसाय और परिश्रम किया था। यह अत्यन्त रोचक और प्रेरणा देनेवाली कहानी है। रेडियम अति दुर्लभ और रेडियो-सक्रिय धातु है। यूरेनियम सुखनिजों में यह न्यून मात्रा में पायी जाती है और विलग की जाती है।

इन दिनों रेडियम का प्रधान उपयोग केन्सर और अन्य चर्मरोगों की चिकित्सा करने में होता है। अल्प मात्रा में रेडियम के यौगिक दिशा-निर्देशकों और घड़ियों के स्वयं-प्रकाशित डायल बनाने में प्रयुक्त होते हैं।

थोरियम—सौभाग्यवश इस धातु के हमारे देश में विपुल

निक्षेप हैं। त्रावणकोर के समुद्री तट की रेत में इस धातु के यौगिक विपुल मात्रा में हैं। हमारे देश में और अन्यत्र भी इस धातु की प्राप्ति का प्रधान स्रोत मोनेजाइट रेत है, जिसमें ३ से ६ प्रतिशत तक थोरियम आक्साइड रहता है।

थोरियम रेडियो-सक्रिय धातु है और अणु-शक्ति के विकास में यूरेनियम से प्रतिस्पर्धा करने की क्षमता रखती है। हमारे देश के लिए यह धातु विशेष महत्त्वपूर्ण है। अभी तक इसका प्रधान उपयोग गैस बत्तियों के मेंटल बनाने में होता रहा है। एक्स-रे उपकरणों और कैन्सर के उपचार में भी इसका उपयोग उल्लेखनीय है।

सीरियम—इसके सुखनिज अन्य विरल धातुओं के सुखनिजों के साथ पाये जाते हैं। मोनेजाइट रेत इस धातु की प्राप्ति का एक महत्त्वपूर्ण स्रोत है। इसका प्रधान उपयोग कृत्रिम चकमक बनाने में होता है। नाडुलर बीड़ लोह बनाने में सीरियम का उपयोग औद्योगिक दृष्टि से महत्त्व रखता है। सीरियम गैस बत्तियों के मेंटल बनाने में व्यवहृत होती रही है।

सेलेनियम और टेल्यूरियम—लगभग दो युगों पहले तक सेलेनियम एक अपरिचित धातु थी। अभी कुछ वर्षों में इसकी माँग बहुत बढ़ गयी है और फलस्वरूप इस धातु का उत्पादन भी कई गुना अधिक हो गया है।

सेलेनियम धातु पर प्रकाश पड़ते ही विद्युत-प्रवाह होने लगता है। विद्युत-प्रवाह की शक्ति धातु पर पड़नेवाले प्रकाश की मात्रा पर अवलंबित रहती है। इस गुण का लाभ लेकर अनेक यन्त्रों और उपकरणों का गठन किया गया है। सेलेनियम धातु के इस अद्वितीय गुण के अन्वेषण से विविध क्षेत्रों

में आशातीत प्रगति हुई है। ऐसे साधन आविष्कृत किये गये हैं जिनकी सहायता से अन्धे पढ़ सकते हैं। द्रुतगति-गणना, स्वचलित सिनेमा, मुद्रण, दूरबीन और तापमापकों में सेलेनियम ने अपना विशेष स्थान बना लिया है। अनेक टन सेलेनियम मोटरों और संकेतों में लगे लाल रंग के काँच बनाने में व्यवहृत होता है।

टेल्यूरियम धातु सीस को कठिन और कठोर बनाती है और उसके संक्षयरोधन में वृद्धि करती है। टेल्यूरियम सीस, गन्धकाम्ल और क्रोमिकाम्ल रखने के पात्र और परिवाहक नलियाँ बनाने में प्रयुक्त होता है। अल्प मात्रा में टेल्यूरियम की उपस्थिति लोह और अलोह धातुओं का यन्त्रन सुगम बनाती है।

जरमेनियम—भारतीय गवेषणा क्षेत्रों में इस धातु की बड़ी चर्चा है। अभी हाल ही में पता लगा है कि कुछ भारतीय कोयलों की राख में यह धातु उपलब्ध है। इस खोज की घोषणा के फलस्वरूप इस धातु के बारे में रुचि विशेष बढ़ गयी है।

गत महायुद्ध में जरमेनियम धातु का गुप्त रेडियो बनाने में सफल प्रयोग हुआ है जिसके कारण रेडियो के रूप और आकार में अनेक वांछनीय परिवर्तन हुए हैं। यह एक सक्षम धातु है और भविष्य में अधिकाधिक लोकप्रिय बनने की संभावना रखती है।

टैण्टालम और कोलम्बियम—टेण्टालम का संक्षयरोधन अत्युत्तम है। अधिकांश अम्लों और संक्षय-क्रियाओं में यह सर्वथा अप्रभावित रहती है। स्पष्ट ही यह बहुमूल्य गुण है और टेण्टालम को शल्य-क्रियाओं के लिए अत्युपयोगी बनाता है। टूटी हड्डियों को जोड़ने और शल्य-कार्य के लिए औजारों के गढ़न

में इसका उपयोग होता है। इनके अतिरिक्त विशेष प्रकार के इस्पातों के उत्पादन में धातुकर्तन औजारों और विद्युतीय उपकरणों के निर्माण में भी इसका व्यवहार होता है।

कोलंबियम को नियोबियम भी कहते हैं। इस धातु का पता अलग-अलग दो वैज्ञानिकों ने लगभग एक साथ ही लगाया। कोलंबियम और टेण्टालम के खनिज साथ-साथ पाये जाते हैं। वैसे तो यह धातु एल्यूमिनियम, निकेल और क्रोमियम के साथ धातुमेल बनाने में प्रयुक्त होती है, परन्तु इसका प्रधान उपयोग निष्कलंक इस्पात की सुरक्षा करने के लिए होता है। वेल्डित निष्कलंक इस्पात में 'वेल्डक्षय' की भयानक प्रवृत्ति रहती है। अल्प मात्रा में कोलंबियम की उपस्थिति इस प्रवृत्ति का निर्मूलन करती है।

बेरीलियम—शुद्ध बेरीलियम धातु बहुत हल्की होती है। अणु-शक्ति के उत्पादन में इसके महत्त्वपूर्ण उपयोग हो रहे हैं। इस कारण बहुत अधिक दिनों तक बेरीलियम दुर्लभ धातु नहीं रह सकती। लगभग सभी उन्नत देशों में इसकी धातुकीय क्रियाओं और शोधन-विधियों पर महत्त्वपूर्ण गवेषणा हो रही है।

ताम्र-बेरीलियम-मेल अत्यन्त कठोर होते हैं और शक्ति में उत्तम इस्पातों की बराबरी रखते हैं। शक्ति में इस्पात के बराबर और अचुम्बकीय होने के कारण इस अलोह मेल का उपयोग अचुम्बकीय स्प्रिंग बनाने में होता है। चिनगारी न निकलना इस धातुमेल का दूसरा उपयोगी गुण है। अतः गैसयुक्त खानों में खनन औजारों के रूप में और विस्फोटक पदार्थों के कारखानों में इनका उपयोग होता है।

बेरीलियम धातु का प्रधान सुखनिज बेरिल है। यह

भारत में बहुलता से उपलब्ध है। भविष्य में बेरीलियम और उसके धातुमेलों के उत्पादकों में भारत का प्रमुख स्थान होना सुनिश्चित है।

इनके अतिरिक्त अन्य अनेक विरल धातुएँ दिन-प्रतिदिन अधिकाधिक महत्त्वपूर्ण होती जा रही हैं। इनमें गैलियम का उपयोग उच्च ताप-मापकों में होता है। उत्तम संक्षयरोधन के कारण इण्डियम धातु दन्तीय मेलों और यन्त्रों की बियरिंग पर इण्डियम का पानी चढ़ाने में प्रयुक्त होती है। रोडियम और प्लेटिनम के ताप-युग्म बनते हैं। चाँदी के पात्रों पर रोडियम का पानी चढ़ाने पर उनकी चमक कम नहीं होती। जिरकोनियम, थैलियम और अन्य धातुएँ जो आज विरल मानी जाती हैं अधिकाधिक दैनिक व्यवहार में आ रही हैं। इस प्रगति को देखते हुए और इनसे सम्बन्धित गवेषणा की सफलता और साहित्य में वृद्धि के फलस्वरूप शीघ्र ही हमें इन विरल धातुओं सम्बन्धी अपनी धारणाओं को बदल देना पड़ेगा।

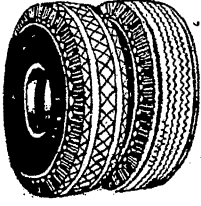
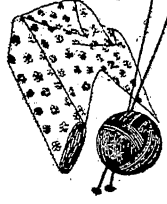
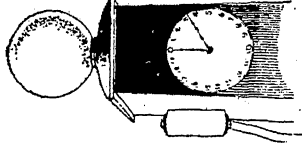
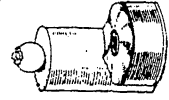
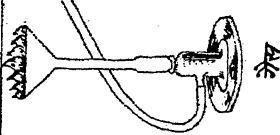
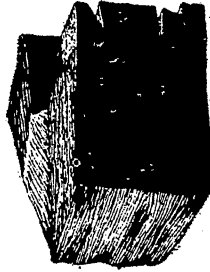
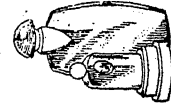
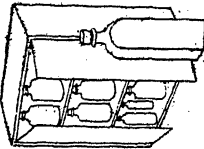
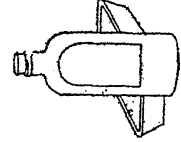
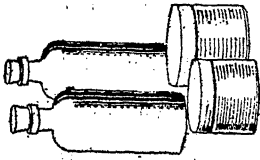
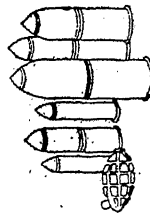
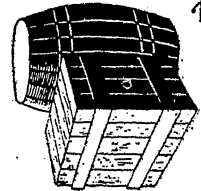
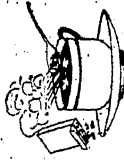
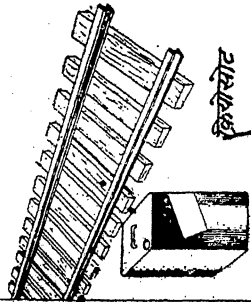
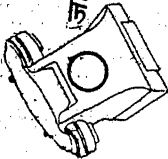
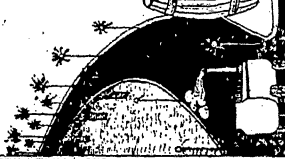
७. धातुओं का भविष्य

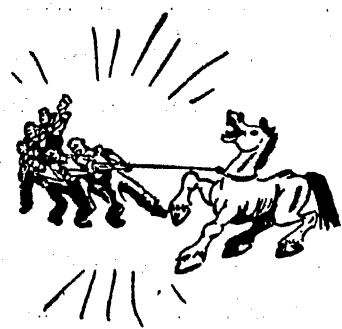
हमारे जीवन के प्रत्येक क्षेत्र में विभिन्न धातुओं के महत्त्व और उपयोग पर एक विहंगम दृष्टि डालने का प्रयत्न पिछले अध्यायों में किया गया है। लोह और इस्पात सभ्यता की आधार-धातु के रूप में आवश्यक है, परन्तु अन्य धातुओं के बिना आज की यह दुनिया एक अजीब जगह हो जायेगी। आप कल्पना करें कि यदि केवल लोह ही विद्युत्-संचलन के लिए मिलता, तब ताम्र और एल्यूमिनियम के बिना विद्युत-इंजीनियरी का क्या हाल होता ? यदि बल्बों के तंतु टंग्सटन के न बनकर लोह के बनाये जायें तो प्रकाश इतना कभी नहीं निखर सकता। एल्यूमिनियय के बिना वायुयानों की क्या हालत होगी और क्रोमियम, निकेल, जस्त, वंग इत्यादि के बिना लोह और इस्पात की उपयोगिता मोर्चा लगने के कारण बहुत कम हो जायेगी। अन्य धातुओं के उपयोगों की यह कहानी वास्तव में बहुत लम्बी है। विभिन्न धातुएँ अपने शुद्ध और धातुमेलों के असंख्य प्रकार और रूपों में आज की सभ्यता की सुख, सुविधा और सफलता को संभव बनाती हैं।

अग्निरोधक पदार्थ—धातुओं के मात्रा-उत्पादन को सफल बनाने में अग्नि-रोधक पदार्थों का बहुत महत्त्व है। धातुओं के उपयोगों और आभा की चकाचौंध में मग्न हमारी आँखें कभी

उन मटीले, साधारण परन्तु अत्युपयोगी पदार्थों की तरफ नहीं जातीं, जिनके अभाव में लोह, ताम्र, निकेल और अन्य सभी धातुएँ न तो खनिजों से प्राप्त की जा सकती थीं और न उनके धातुमेलों को कोई उपयोगी आकार ही दिया जा सकता था।

धातुएँ भट्ठियों में गलायी जाती हैं और भट्ठियाँ बनाने में अग्निरोधक पदार्थ काम में आते हैं। लोह और इस्पात को भी पानी-सा तरल द्रव बना देनेवाले उच्चतापमान पर भी ये पदार्थ दृढ़ और स्थिर रहते हैं। गुणों के अनुसार अम्लीय, क्षरीय और तटस्थ अग्निरोधक विभिन्न धातुकीय क्रियाओं में व्यवहारित होते हैं। धातुकीय विकासों के साथ इन सारभूत पदार्थों का अविच्छिन्न सम्बन्ध रहा है।

औद्योगिक ईंधन--धातुकीय क्रियाओं में ताप-उत्पादन लघ्वन, गलन, शोधन और ढलाई में विभिन्न ईंधनों का उपयोग अनिवार्य है। वर्तमान काल में खनित कोयला सर्वाधिक महत्वपूर्ण ईंधन है। ऐसा अनुमान किया जाता है कि विश्व की कुल उत्पादित शक्ति का दो-तिहाई भाग कोयले से प्राप्त होता है। वास्तव में कोयला अत्यधिक उपयोगी खनिज है। इस काले-कलूटे पदार्थ से प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से प्राप्त पदार्थों की संख्या दो लाख से भी अधिक है। इन पदार्थों में विभिन्न आभावाले रंग, नकली रेशम, रसायन, नाइलान, नेपथलीन, सड़क बनाने-वाला बिटुमेन, अनेक दवाइयाँ इत्यादि सम्मिलित हैं। इस कारण कोयला 'काले हीरे' के नाम से सम्बोधित किया जाता है और यह ठीक भी है। खनित कोयले के अतिरिक्त अन्य ठोस, द्रव और गैसीय ईंधन, धातुकीय उद्योगों में व्यवहारित होते हैं। ईंधन के रूप में विद्युत्-शक्ति का उपयोग धातुकीय

उद्योगों के विकास की एक महत्वपूर्ण दिशा है।

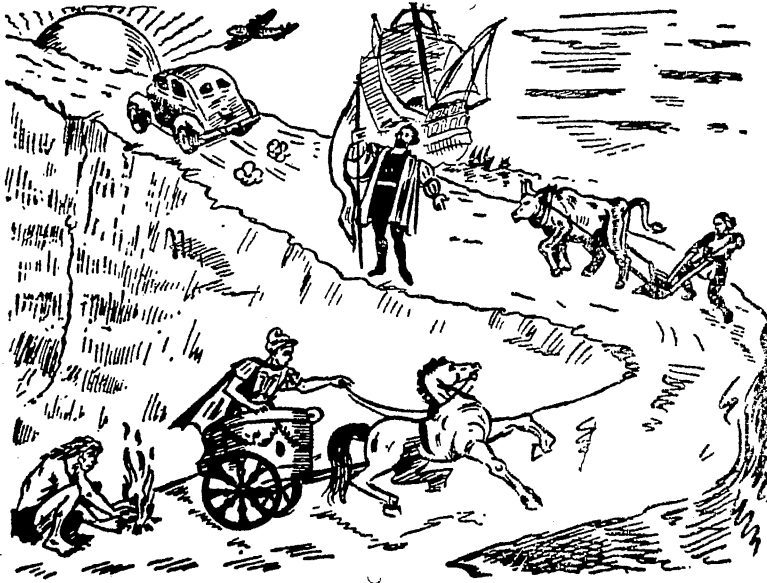
संक्षय—अधिकांश धातुएँ निसर्ग में यौगिकों के रूप में पायी जाती हैं। अतः इन धातुओं में पुनः यौगिकों के रूप में परिवर्तित होने की स्वाभाविक प्रवृत्ति रहती है यही प्रवृत्ति धातुओं के संक्षय के रूप में प्रकट होती है। लोह और इस्पात में इसी लिए मोर्चा लगता है। प्रतिवर्ष सहस्रों टन धातुएँ संक्षयित होती रहती हैं। इस प्रकार मानव-समाज की अत्यधिक हानि होती है। संक्षयित हिस्सों को बदलना पड़ता है, ध्यान न देने के कारण अनेक दुर्घटनाएँ प्रतिदिन सुनने में आती हैं, जिससे धन-जन की अपार क्षति होती है। संक्षयजों का हमारे स्वास्थ्य पर कुप्रभाव इस विषय का दूसरा अत्यन्त महत्त्वपूर्ण पहलू है। संक्षय के कारण हुई हानि का अनुमान लगाना कठिन है। इस सदैव उपस्थित दुर्दैव से बचने के लिए गरम आवरण, विद्युत्-रंजन, निक्षेपन, धातु-तुषारन, धातु-धारण, रोधक-परत-उत्पादन, पेण्टन, इनेमलन इत्यादि विधियों द्वारा यह प्रयत्न किया जाता है कि धातुओं को संक्षायक वातावरण से अलगकर उनका बचाव किया जाये। पिछले अध्यायों में हम विभिन्न संक्षयरोधक धातुओं का वर्णन कर चुके हैं।

संक्षय की कार्यप्रणाली को समझने और उसका रोधन करने के अधिक सक्षम तरीकों को विकसित करने के लिए अनवरत गवेषणा हो रही है। निसर्ग और मनुष्य में एक स्थायी द्वन्द्व होता रहता है।

निसर्ग प्रत्येक धातु को संक्षत कर संयुक्त अवस्था में लाने का प्रयत्न करती है। मनुष्य के प्रयत्न निसर्ग की इस स्वाभाविक प्रवृत्ति को रोकने में लगे रहते हैं। निश्चय ही अंत में निसर्ग की ही विजय होगी। हम तो उसे जितनी अधिक देर तक संभव हो सके, रोक रखने की चेष्टा करते हैं। संक्षयरोधन के और अधिक शक्तिशाली शस्त्रों का अनवेषण मानव-समाज के लिए कितना कल्याणकारी होगा, यह स्वयंसिद्ध है।

धातुओं के प्रतिस्पर्धी—प्लास्टिक, काँच, प्लाइवुड, सिमेण्ट-काण्क्रीट इत्यादि पदार्थ धातुओं के प्रतिस्पर्धी माने जा सकते हैं। कई स्थानों में जहाँ पहले धातुओं का उपयोग किया जाता था, अब इन अधातुकीय पदार्थों का उपयोग होने लगा है। विशेषतः प्लास्टिक की अनेक वस्तुएँ बहुत लोकप्रिय हो गयी हैं। परन्तु इतना निश्चित है कि शक्ति, लगातार तनावों का सामना, उच्च-ताप और वेग के लिए धातुओं के नये-नये उपयोग विकसित हो रहे हैं। यह अवश्य होने लगा है कि इस्पात के ऊपर संक्षय-रोधन के लिए प्लास्टिक आवरण चढ़ा दिया जाये। धातुकीय और अधातुकीय पदार्थों के मेल से कई प्रकार के नये उपयोगी पदार्थ विकसित किये जा रहे हैं।

अभी तक अधिकांश धातुकीय उद्योगों का विकास पश्चिमी गोलार्ध में हुआ है। एशिया और अफ्रीका के देशों में धातुकीय उद्योगों के खनिज पदार्थों की बहुलता है। आगे आनेवाले वर्षों में अधिक धातुकीय प्रसार इन्हीं देशों में होगा, जिससे यहाँ के लोगों का जीवन-स्तर ऊँचा उठ सकेगा।

विभिन्न युगों में हुई प्रगति की गति की तुलना हम उन युगों में प्रचलित आवागमन के साधनों से कर सकते हैं। वर्तमान

शताब्दी में प्रगति की गति वायुयान-सी द्रुत है। गत पचास वर्षों में जितनी गवेषणा और प्रगति हुई है वह सभ्यता के आदिकाल से लेकर उन्नीसवीं शताब्दी के अन्त तक हुई प्रगति से अधिक है। यह बात ध्यान में रखने योग्य है कि नयी धातुओं

मानवी प्रगति का राजमार्ग

का अन्वेषण और उत्पादन औद्योगिक प्रगति का कारण बना और जैसे-जैसे सभ्यता का विकास होता जाता है, और अधिक धातुमेलों और उनके गुणों का पता लगता जाता है। धातुओं का उत्तरोत्तर विकसित होनेवाला युग, मनुष्य समाज के लिए वरदान सिद्ध हो, यह हमारी सूझ-बूझ और विवेक-बुद्धि पर निर्भर है।